МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.Л. Чумак

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 р.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спeціaльністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»,

освітньо-професійної програми "Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів"

**Тема: «Очищення моторних олив від продуктів старіння»**

Виконавець: студентка ХП-205М Добрівська О.О.

Керівник: доц., к.т.н. Тітова О.С. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Халмурадов Б.Д.

Консультант розділу «Охорона навколишнього

середовища»: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Дмитруха Т.І.

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ доц. Столярова Н.В.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра хімії і хімічної технології

Спeціaльність: 161 «Хімічні технології та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.Л. Чумак

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Добрівської Оксани Олександрівни

1. Тема дипломної роботи: «Очищення моторних олив від продуктів старіння» затверджена Наказом ректора від 19.11.2019 року № 2687/ст.

2. Термін виконання роботи: з 14.10.2019 по 09.02.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: відпрацьована моторна олива Wolver ProTec SAE 5W-30.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Загальна характеристика моторних олив. Розділ 2. Методи очищення відпрацьованих моторних олив. Розділ 3. Очищення моторних олив від продуктів старіння. Розділ 4. Охорона навколишнього середовища. Розділ 5. Охорона праці. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов’язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: схема виробництва мінеральних та синтетичних базових олив; схема роботи адсорбера, фільтрів, центрифуги; схема установки, яка працює по методу кислота-глина з відгоном палива.

6. Календарний план – графік

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п. | Завдання | Термінвиконання | Відмітка  про виконання |
| 1. | Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи. | 14.10.19 – 28.10.19 |  |
| 2. | Опрацювання літературних джерел за методами відновлення якості відпрацьованих моторних олив. | 28.10.19 –17.11.19 |  |
| 3. | Проведення експериментального визначення зміни основних показників якості відпрацьованої моторної оливи. | 17.11.19 – 02.12.19 |  |
| 4. | Опрацювання одержаних експериментальних результатів. | 02.12.19 – 10.12.19 |  |
| 5. | Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці. | 10.12.19 – 20.12.19 |  |
| 6. | Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації. | 21.12.19 – 09.02.20 |  |

7.Консультанти з окремих розділів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Консультант  (посада, П.І.Б.) | Дата, підпис | |
| Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона навколишнього середовища | доц. Дмитруха Т.І. |  |  |
| Охорона праці | к.м.н., доц. Халмурадов Б.Д. |  |  |

Дата видачі завдання: «14» жовтня 2019 р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_к.т.н., доц.Тітова О.С.

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Добрівська О.О.

**РЕФЕРАТ**

Пояснювальна записка до дипломної роботи: «Очищення моторних олив від продуктів старіння» : сторінок 122, рисунків 29, таблиць 6, використаних джерел бібліографічних посилань 87.

відпрацьована моторна олива, відновлення, показники якості, фізичні процеси, хімічні процеси, старіння, зміна складу.

**Мета дипломної роботи:** дослідження змін, що відбуваються у моторній оливі в процесі експлуатації та аналіз основних технологій її регенерації.

**Об’єкт дослідження:** процес аналізу методів відновлення якості відпрацьованої моторної оливи.

**Предмет дослідження:** відпрацьована моторна олива Wolver ProTec SAE 5W-30.

**ЗМІСТ**

[**ВСТУП** 8](#_Toc28975697)

[**РОЗДІЛ 1** 12](#_Toc28975698)

[**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОТОРНИХ ОЛИВ** 12](#_Toc28975699)

[**1.1. Технологія одержання олив** 12](#_Toc28975700)

[**1.2. Склад моторних олив** 13](#_Toc28975701)

[**1.3. Присадки, що використовуються в моторних оливах** 18](#_Toc28975702)

[**1.4.** **Вимоги, що пред'являються до сучасних моторних олив** 26](#_Toc28975703)

[**1.5. Класифікація моторних олив** 27](#_Toc28975704)

[1.5.1. Класифікація моторних олив за в’язкістю (SAE J 300) 27](#_Toc28975705)

[1.5.2. Класифікація за API 29](#_Toc28975706)

[1.5.3. Класифікація за АСЕА 30](#_Toc28975707)

[1.5.4. Класифікація за ILSAC 34](#_Toc28975708)

[**1.6. Методи аналізу моторних олив** 35](#_Toc28975709)

[**1.7.** **Властивості та якість моторних олив** 37](#_Toc28975710)

[1.7.1. Фундаментальні засади змащувальних властивостей олив 37](#_Toc28975711)

[1.7.2. В’язкість та індекс в’язкості олив. Фізико-хімічні властивості оливи 38](#_Toc28975712)

[1.7.3. Експлуатаційні властивості 41](#_Toc28975713)

[**1.8. Зміна якості олив під час використання** 45](#_Toc28975714)

[**1.9. Характеристика досліджуваної моторної оливи** 52](#_Toc28975715)

[**1.10. Висновки до Розділу 1** 54](#_Toc28975716)

[**РОЗДІЛ 2** 55](#_Toc28975717)

[**МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ** 55](#_Toc28975718)

[**2.1. Фізичні методи регенерації** 55](#_Toc28975719)

[**2.2. Характеристика хімічних методів регенерації відпрацьованих олив** 60](#_Toc28975720)

[**2.3. Характеристика фізико-хімічних методів регенерації відпрацьованих олив** 64](#_Toc28975721)

[**2.4. Характеристика комбінованих методів регенерації відпрацьованих олив** 69](#_Toc28975722)

[**2.5. Порівняльний аналіз методів очищення ВО на Україні та за її межами** 71](#_Toc28975723)

[**2.6. Висновки до Розділу 2** 76](#_Toc28975724)

[**РОЗДІЛ 3** 77](#_Toc28975725)

[**ОЧИЩЕННЯ МОТОРНИХ ОЛИВ ВІД ПРОДУКТІВ СТАРІННЯ** 77](#_Toc28975726)

[**3.1. Експериментальна робота** 77](#_Toc28975727)

[3.1.1. Використаний матеріал 77](#_Toc28975728)

[3.1.2. Методика проведення експерименту 78](#_Toc28975729)

[**3.2. Результати та обговорення** 80](#_Toc28975730)

[3.2.1. Густина 80](#_Toc28975731)

[3.2.2. Температура спалаху 83](#_Toc28975732)

[3.2.3. Кінематична в'язкість 85](#_Toc28975733)

[3.2.4. Загальне лужне число (TBN) 89](#_Toc28975734)

[**3.3. Висновки до Розділу 3** 90](#_Toc28975735)

[**РОЗДІЛ 4** 91](#_Toc28975736)

[**ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА** 91](#_Toc28975737)

[**Вступ** 91](#_Toc28975738)

[**4.1. Основні види забруднень у відпрацьованих моторних оливах** 91](#_Toc28975739)

[**4.2. Забруднення навколишнього середовища відпрацьованими оливами** 94](#_Toc28975740)

[**4.3. Методи утилізації ВМО** 97](#_Toc28975741)

[**4.4. Висновки до Розділу 4** 98](#_Toc28975742)

[**РОЗДІЛ 5** 99](#_Toc28975743)

[**ОХОРОНА ПРАЦІ** 99](#_Toc28975744)

[**Вступ** 99](#_Toc28975745)

[**5.1. Аналіз умов праці** 99](#_Toc28975746)

[5.1.1. Організація робочого місця 99](#_Toc28975747)

[5.1.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників 100](#_Toc28975748)

[5.1.3. Мікроклімат виробничих приміщень 100](#_Toc28975749)

[**5.2. Розробка заходів з охорони праці. Виробниче освітлення** 104](#_Toc28975750)

[**5.3. Пожежна безпека** 105](#_Toc28975751)

[**5.4. Розрахункова частина** 106](#_Toc28975759)

[**5.5. Висновки до Розділу 5** 110](#_Toc28975760)

[**ВИСНОВКИ** 111](#_Toc28975761)

[**СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ** 113](#_Toc28975762)

**ПEPEЛІК УМOВНИХ ПOЗНAЧEНЬ, СКOPOЧEНЬ, ТЕРМІНІВ**

ВМО – відпрацьована моторна олива;

ІВ – індекс в'язкості;

ВНП – відпрацьовані нафтопродукти;

СНВ – суміш нафтопродуктів відпрацьованих;

НШВ – нафтошламові відходи;

АСР – асфальто-смолисті речовини;

ВММО – відпрацьована мінеральна моторна олива;

ВО – відпрацьована олива;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

КПВ – канцерогенні поліциклічні вуглеводні;

КЧ – кислотне число;

ММО – мінеральна моторна олива;

ПАР – поверхнево-активна речовина.

**ВСТУП**

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день Україна використовуючи більше 1 млн. т/рік свіжих олив, а при умові відсутності нормативу збору, на державному рівні збирає приблизно 500 тис. т/рік відпрацьованих нафтопродуктів, що складає близько до ресурсу споживання олив Німеччиною (660 тис. т/рік). Проте, в нашій країні 90% обсягів цієї сировини скидається в навколишнє природне середовище або застосовується некваліфіковано.

Відпрацьовані оливи відносяться до небезпечних джерел забруднення навколишнього середовища. Один літр від­працьованої оливи може забруднити мільйон літрів питної води (за даними корпорації Exxon-Mobil).

Утворення та накопичення відпрацьованих моторних олив після застосування у двигуні внутрішнього згоряння є небезпечною екологічною проблемою як в Україні, так і в світі. Відпрацьовані оливи є вкрай токсичними та канцерогенними відходами з дуже низьким рівнем біорозкладу через наявність у їх складі високого вмісту поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Утилізацію відпрацьованих олив можуть здійснювати декількома способами, зокрема використовувати їх як компонент котельних палив. Але найбільш ефективним методом є регенерація з отриманням олив відповідного призначення, так як вартість регенерованих олив є на 40 –70 % меншою від вартості товарних олив.

Існує велика кількість технологій та наукових робіт щодо регенерації відпрацьованих моторних олив, але не дивлячись на це переважна більшість технологій є недостатньо ефективними та не дає можливості відновити усі експлуатаційні властивості олив.

Тому необхідним є знаходження новітніх технологій регенерації відпрацьованих моторних олив, які будуть характеризуватися високою якістю і виходом регенерованих олив, низькими капіталовкладеннями та екологічністю.

Оскільки велика кількість відпрацьованих олив в Україні утилізують неналежним чином, то проблема створення новітніх технологій регенерації відпрацьованих моторних олив є особливо актуальною для країни.

**Мета і завдання виконання дипломної роботи:**

Метою дипломної роботи є дослідження змін, що відбуваються у моторній оливі в процесі експлуатації та аналіз основних технологій її регенерації.

Завдання досліджень полягало у вирішенні таких задач:

* вивчити основні закономірності процесу зміни якісного та кількісного складу відпрацьованих моторних олив внаслідок їх експлуатації у двигунах внутрішнього згорання;
* провести аналіз відомих методів регенерації відпрацьованих олив, які застосовуються для відновлення їх якості;
* вибір об'єктів і методів дослідження;
* встановити можливість використання кислотно-глинистої обробки з метою очищення відпрацьованих моторних олив від продуктів старіння;
* визначити густину, в’язкість, температуру спалаху та лужне число відпрацьованої та очищеної моторних олив;
* аналіз ефективності методів та установок, які використовуються для відновлення якості відпрацьованих моторних олив.

**Об’єкт дослідження**: процес аналізу методів відновлення якості відпрацьованої моторної оливи.

**Предмет дослідження**: відпрацьована моторна олива Wolver ProTec SAE 5W-30

**Методи дослідження**: Для оцінки зміни показників якості відпрацьованої моторної оливи застосовували фізико-хімічні методи оцінки показників її якості: в’язкість, густину, лужне число, температуру спалаху визначали стандартними методиками.

**Наукова новизна отриманих результатів**: запропоновано використовувати кислотно-глинистий метод очищення відпрацьованої оливи від продуктів старіння.

**Практичне значення отриманих результатів**: результати роботи можуть бути використанні для більш ефективного підбору комбінованих методів відновлення якості відпрацьованої оливи.

**Особистий внесок випускника**: полягає в аналізі наукової літератури, участі у постановці проблеми, формулюванні та обґрунтуванні мети та задач досліджень, самостійному виконанні експериментальної частини дипломної роботи, обробці та узагальненні одержаних результатів, формулюванні основних теоретичних положень і висновків по дипломній роботі.

**Апробація отриманих результатів**: результати роботи були заслухані на XІХ Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів "Політ. Сучасні проблеми науки", І Міжнародній (ХІ Українській) науковій конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення» та Підсумковій науково-практичній конференції ІІ туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Хімічні технології та інженерія».

**Публікації**:

1. Добрівська О.О., Єфименко В.В. Регенерація та раціональне використання відпрацьованих моторних олив. Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт зі спеціальності «Хімічні технології та інженерія». Збірник тез доповідей підсумкової науково-практичної конференції, 10-12 квітня 2019 року.- м. Дніпро, 2019. – с.52.

2. Добрівська О.О. Забруднення авіаційних паливно-мастильних матеріалів. XІХ Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів "Політ. Сучасні проблеми науки" Національний авіаційний університет 1-5 квітня 2019 року.

3. Добрівська О.О., Черівнський О.Т. Біопаливо та перспективи його розвитку в Україні. ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки. Екологічна безпека: тези доповідей XVIIІ міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів, м. Київ, 4-7 квітня 2018 р., Національний авіаційний університет/ред. кол. О.І.Запорожець [та ін.]. – К.: НАУ, 2018. – С. 101.

4. Добрівська О. О., Іванова І. О., Атаманенко Н. С., Кучерук М. А. Використання відпрацьованих олив для виробництва пластичних мастил. Хімічні проблеми сьогодення: I Міжнародна наукова конф. 27-29 березня 2018р. тези доп. : – Вінниця.:Донецький національний університет ім. Василя Стуса, 2018.– С. 244.

**РОЗДІЛ 1**

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОТОРНИХ ОЛИВ**

**1.1. Технологія одержання олив**

Моторні оливи складаються з основного, базового матеріалу – базових олив (75–95 %) і активних добавок – присадок (5–25 %), що покращують їх експлуатаційні властивості. Якість товарної оливи залежить від нафти, способу отримання базової оливи, глибини хімічного перетворення та очищення [1].

Основним чинником, що характеризує вибір найбільш доцільних способів виробництва і застосування олив є хімічний склад масляної сировини.

При виготовленні олив застосовують залишок вакуумної перегонки мазуту – гудрон (вище 500 °C) і дистилятні фракції нафти (межі температури википання 320–500 °C). Базові оливи повинні мати в’язкість, що має відповідати технологічним потребам відносно певного виду оливи. Найчастіше, здійснюють компаундування дистилятних і залишкових компонентів для регулювання в’язкості базових олив. Крім певних сортів малов’язких індустріальних, турбінних та моторних олив, більша частина базових олив є сумішами дистилятних і залишкових компонентів. Моторні оливи часто мають у складі синтетичний компонент деякої в’язкості [2].

Оливні фракції – це складна суміш сполук, що мають не однакові за структурою і складом молекули, а також відрізняються за хімічними, фізичними, фізико-хімічними і експлуатаційними властивостями. У своєму сладі вони включають вуглеводні всіх гомологічних рядів, в основному гібридної будови та невуглеводневі сполуки – азотисті, сірчисті, кисневі, металовмісні у складі смолисто-асфальтенових речовин. Тому, як правило, в оливах оцінюють тільки груповий хімічний склад.

Виконують аналіз групового хімічного складу оливних фракцій за допомогою фізичних, хімічних і фізико-хімічних методів поділу оливних фракцій та ідентифікування хімічної будови молекул. Поділ оливної сировини на вузькі фракції виконується вакуумною перегонкою, холодним фракціонуванням, комплексоутворенням, хроматографією, термічною дифузією та іншими методами.

Встановлено, що вуглеводнева частина оливних фракцій має у своєму складі алкани нормальної та ізобудови, поліциклічні циклоалкани з алкільними радикалами, моно- і поліциклічні арени з алкільними радикалами та значну кількість вуглеводнів змішаної будови. В свою чергу, невуглеводнева частина оливних фракцій має у своєму складі сірчисті, азотисті, кисневі, металовмісні та полігетероатомні сполуки [3].

До складу оливних фракцій входять: циклоалкани – 50–80 % мас., алкани – 5–20 % мас., у тому числі ізобудови – до 0,5–1,5 % мас., нормальної будови – до 4 % мас.; арени – 15–50 % мас.; тверді вуглеводні – 5–7 % мас. [3].

Товарні оливи виробляються у дві стадії – виготовлення базових олив і змішування компонентів (компаундування). Технологічно та економічно нераціонально виготовляти велике число різних олив. Нафтопереробною промисловістю виготовляється лімітована кількість базових олив, які на оливозмішувальних заводах можуть змішуватися один з одним та з іншими добавками для отримання товарних олив з потрібними експлуатаційними властивостями. Базові оливи розрізняють між собою за хімічним складом, в’язкістю та деякими іншими властивостями. Відносно не важким технологічним процесом, який може здійснюватися на порівняно малих оливозмішувальних заводах є компаундування олив.

**1.2. Склад моторних олив**

Сучасні моторні оливи в своєму складі мають базову оливу та пакет функціональних компонентів - присадок.

Експлуатаційні властивості моторних олив визначаються кожним компонентом та їх взаємодією між собою (адитивністю, синергізмом або антагонізмом) [4].

Базові оливи – це вуглеводневі рідини нафтового або синтетичного походження. Насамперед в якості базових олив застосовували нафтові вакуумні дистиляти, в'язкість яких при 40 ºС 40-80 мм2/с [5]. Масляні дистиляти піддають депарафінізації, щоб зменшити температуру застигання, а для видалення смолисто-асфальтенових речовин і сірковмісних компонентів очищають селективними розчинниками. Через наявність сірковмісних поверхнево-активних речовин (ПАР) такі оливи передусім мали певні протизносні властивості. Проте, через схильність до утворення нагару і відкладень, низьку стійкість до окислення такі базові оливи не придатні для виготовлення олив. Сьогодні актуальні три категорії базових олив, що відрізняються між собою, в основному, в'язкісно-температурними властивостями [6].

Перша - це нафтові («мінеральні») оливи, які піддаються каталітичному гідруванню («гідроочищені»). Гідрування сприяє процесу насичення ненасичених сполук, до повного видалення кисень- і сірковмісних компонентів. Результатом є утворення вуглеводневаої рідини, стійкої до окислення, що має низькі змащувальні, тобто, протизносні та антифрикційні властивості. Індекс в'язкості таких олив зазвичай становить 80 - 100 [7].

Друга категорія - синтетичні оливи. Їх отримують полімеризацією α-олефінів, які отримують з нафтових або газових парафінових вуглеводнів. Потрібні співвідношення між довжинами основного і бічного вуглеводневого ланцюга дозволяє підбір сировини і технологій полімеризації, а це в свою чергу, дозволяє варіювати вязкістно-температурні властивості і молекулярну масу в широких межах. Індекс в'язкості таких олив зазвичай становить 120-140, в'язкість при 100° С від 3 до 10 мм2/ с при температурі спалаху 220 – 230 ºС [8].

Експлуатаційні характеристики синтетичної оливи визначаються тим, наскільки однакові атоми задіяні в ланцюжках молекул вуглеводнів. Це залежить від способу його отримання. Розрізняють такі:

1. Гідрокрекінг - найбільш дешевий спосіб. Легкі фракції виділяють із сирої нафти і максимально очищають, використовуючи НС або VHVI технології (рис.1.1). Важку нафтову основу піддають гідрообробкі і глибокому очищенню. Відбуваються зміни на молекулярному рівні: зникають кристалічні структури, макромолекули розбиваються на більш дрібні ланки. Хімічні домішки не видаляють з базової оливи, а модифікують, отримуючи речовини із заданими властивостями. Підвищується термічна стабільність, поліпшуються інші експлуатаційні якості, знижується вміст сірки і збільшується індекс в'язкості. Пакет присадок допомагає отримати продукт з необхідними характеристиками. Більшість синтетичних олив на ринку виготовляють на такій базі. Виробники вказують назву технології на каністрах.

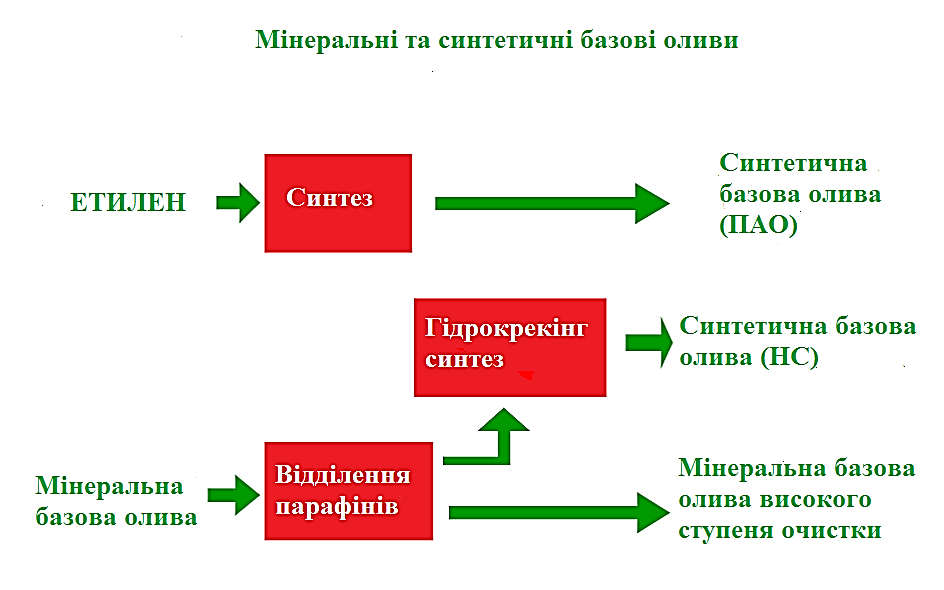


Рис.1.1. Виробництво мінеральних та синтетичних базових олив

2. 100% - синтетика (ПАО) отримують з поліальфаолефінів (рис.1.2). Нафтові родовища супроводжують бутилен і етилен, легкі вуглеводневі фракції, гази, які служать сировиною для отримання синтетичної оливи. Вона характерезується температурною стабільністю, високою густиною, стійкістю до окиснення. Базова основа високої якості складається з однорідних молекул [9]. Продукт виробляють по складній багатоетапній технології спрямованого синтезу в реакторах. В якості сировини використовують короткі мономери. Спочатку базову суміш піддають олігомеризації (створюють довгі молекулярні ланцюжки), потім подвійній дистиляції (очищення), гідрогенізації на каталізаторах (позбавляються від нестабільних подвійних зв'язків, насичуючи їх воднем). Мастильні матеріали ПАО порівняно з гідрокрекінговим мають більш однорідний склад, низьку випаровуваність. Збільшується інтервал заміни оливи при збереженні високих характеристик. У неї додають мінімальну кількість присадок. Але вартість значно вище НС-синтетики.

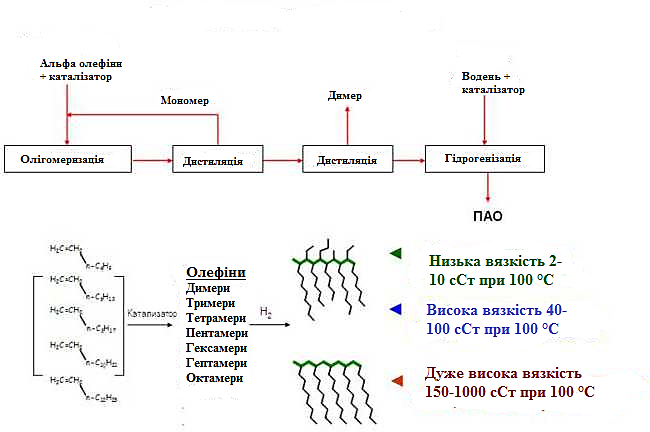


Рис.1.2. Технологія виробництва синтетичних олив ПАО

3. Естерові оливи отримують нейтралізацією карбонових кислот спиртами (рис.1.3), вони проявляють себе під час експлуатації набагато ефективніше, ніж ПАО і гідрокрекінгово складу. Основа мастильних матеріалів - складні ефіри рослинного походження. Це унікальна група олив, які виробляють методом етерифікації спиртів і карбонових кислот. Виходять полярні молекули з надлишковом електронної густини навколо атомів кисню. Негативно заряджені кінці частинок притягуються до металевих поверхонь деталей двигуна і створюють стабільну плівку. Естерові оливи у високому ступені екологічні, мають гарні низькотемпературні, диспергуючі властивості, але мають високу ціну. Не викликає проблем утилізація, тому що вони екологічно чисті. Але, незважаючи на незаперечні переваги, займають лише 5% ринку через високу вартість.

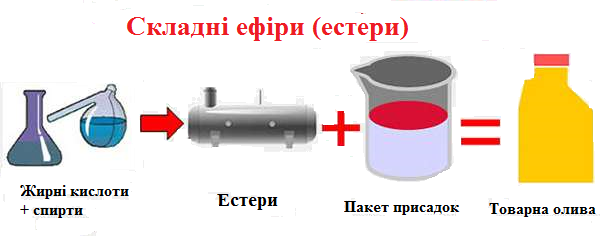


Рис.1.3. Виробництво синтетичних олив з естерів

4. Кращими, але і найдорожчими, є оливи на основі полігліколів (PAG). Вони відмінно справляються з тертям, безнадійними забрудненнями, інертні по відношенню до ущільнюючих елементів двигуна. Це високоефективні моторні оливи з відмінними низькотемпературними властивостями, але вони несумісні з оливами іншого типу. Тому матеріали на основі гліколів практично не випускають в даний час [10].

По відношенню до мінеральних олив синтетичні мають деякі переваги. Одним з них є легкотекучість, а такі оливи дозволяють знизити втрати потужності на тертя і тому забезпечують знижену витрату палива на прокачуваність при низьких температурах, тобто забезпечують запуск двигуна при температурах навколишнього середовища близько мінус 30 °С. Збільшений термін служби і зменшення випаровування при високих температурах також можна віднести до переваг синтетичних олив. Головним недоліком, що обмежує їх повсюдне застосування, є висока ціна [11].

Суміш, що складається з синтетичної і мінеральної основ є рішенням недоліків синтетичної оливи. Дана суміш носить назву напівсинтетичних моторних олив. Напівсинтетичні моторні оливи дешевше, однак вони гірші за якістю і мають короткий термін служби порівняно з синтетичними. Вони мають застосування в двигунах з турбонаддувом, дизельних двигунах і високофорсованих бензинових двигунах.

Мінеральні оливи найбільш дешеві з усіх категорій базових олив і використовуються в середньофорсованих двигунах. Використання цих олив на вітчизняних автомобілях застарілих марок саме оптимальне. При використанні синтетичних і напівсинтетичних моторних олив, зменшення втрат на терті і зниження витрати палива можуть стати не виграшними і не виправдати значних витрат при покупці оливи.

Напівсинтетичні оливи (Semi-Synthetic) в базовій частині синтетичний компонент становить 20-40 %, а інше це суміш продуктів перегонки і додатково пакет функціональних присадок [12-15].

Функціональні присадки забезпечують хороший захист від зносу і здатні поліпшити умови пуску холодного двигуна.

**1.3. Присадки, що використовуються в моторних оливах**

Від функціональних властивостей моторних олив залежить технічне вдосконалення двигуна. На сьогоднішній день мастильні матеріали можуть забезпечити зменшення втрат енергії, захищати від зносу, корозії і утворення відкладень, що порушують нормальну роботу агрегату, тривалий час витримувати високі механічні і термічні навантаження.

Виробники мастильних матеріалів здатні виробляти оливи, які повинні задовольняти вимоги виробників механізмів і обладнання, завдяки зміні складу компонентів базових олив і комплектів присадок, а також розширювати асортимент мастильних матеріалів з різноманітними властивостями, які здатні забезпечити вирішення різноманітних, специфічних та іноді суперечливих завдань змащування агрегатів трансмісії і двигунів [16].

Присадки - синтетичні хімічні сполуки, що додаються в базову оливу для покращення властивостей і отримання нових властивостей. Присадки для моторних олив складають 15 - 20 різних сполук.

Присадки можуть впливати на фізичні властивості базових олив або надавати хімічний ефект. Вони можуть, як доповнювати один одного, так і бути несумісними, тобто створювати синергетичний або антагоністичний ефекти. Присадки можуть поєднувати і виконувати одночасно кілька функцій (багатофункціональні присадки). В основному, на ринку застосовують композиції присадок - пакети. Пакети відрізняються за складом і розраховані для конкретного призначення і класу якості.

За допомогою простих технологічних прийомів - дозування і змішання, можна отримати товарні оливи з певними експлуатаційними властивостями, завдяки наявності на ринку готових пакетів присадок і різноманітних базових олив. Для компаундування олив, американські і європейські системи забезпечення якості в своїх документах (документи API і «Звід правил ATIEL») пропонують більш дешеві процедури випробувань при присвоєнні класу якості та надання права позначати знаками класів API або АСЕА. Це дає можливість невеликим фірмам (заводам по змішуванню олив), з мінімальними витратами виробляти і постачати на ринок автомобільні контрольовані оливи високої якості [17].

Виробництвом пакетів присадок зайняті хімічні компанії («Lubrizol», «Ethyl», «BASF» та ін.) і великі нафтокомпанії («Infenium», «TexacoAdditive», «Oronite» («Chevron») та ін.).

За призначенням і здатності змінювати властивості базових олив присадки можна розділити на дві групи:

1) додають оливі певні функціональні властивості;

2) дозволяють оливі зберігати функціональні властивості протягом періоду експлуатації (міжсервісного інтервалу).

До першої групи відносяться протизносні і в'язкісні присадки. Для підвищення індексу в'язкості та покращення низькотемпературних властивостей використовують в'язкісні і депресорні присадки. Протизносні присадки зменшують швидкість зношування тертьових деталей. Діалкілдитіофосфату цинку, часто разом з іншими видами поверхнево-активних речовин (алкілсаліцилатами або алкілтриазолом) використовують як протизносні компоненти.

До другої групи відносять присадки, які протидіють експлуатаційним чинникам: антиокислювальні, нейтралізуючі, миючі, диспергуючі, протипінні. В сучасних оливах для дизельних двигунів застосовують спеціальні присадки, нейтралізуючі оксиди азоту. Велика кількість сучасних присадок мають одночасно декілька властивостей, наприклад, миючі присадки одночасно є і антикорозійними. Одночасно з цим, застосування композицій хімічних речовин в складі деяких присадок певного призначення є необхідним для збереження високих експлуатаційних властивостей моторних олив протягом усього міжсервісного інтервалу при постійних механічних навантаженнях, хімічних впливах продуктів згоряння палива і дії високих температур [18].

*В'язкісні присадки*. Своє основне призначення в'язкісні присадки мають в покращенні в'язкісно-температурних характеристик. До в'язкісних присадок належать і депресанти температури застигання. Їх використовують для придушення гелеутворення, яке виникає при низьких температурах в результаті кристалізації парафіну.

При досягненні високих робочих температур оливи, властивих сталим режимам роботи двигуна, потрібна висока в'язкість оливи для запобігання переходу до граничного режиму змащення і підвищенню зносу. Це можна досягти шляхом введення в'язкісних присадок - полімерних загусників. Молекули полімеру знаходяться в скрученому вигляді і мало впливають на в'язкість при низьких температурах, коли олива в'язка. Їх розчинність збільшується з підвищенням температури, вони розкручуються і підвищують в'язкість оливи (при підвищенні температури компенсують значну втрату в'язкості самої оливи) (рис.1.4).

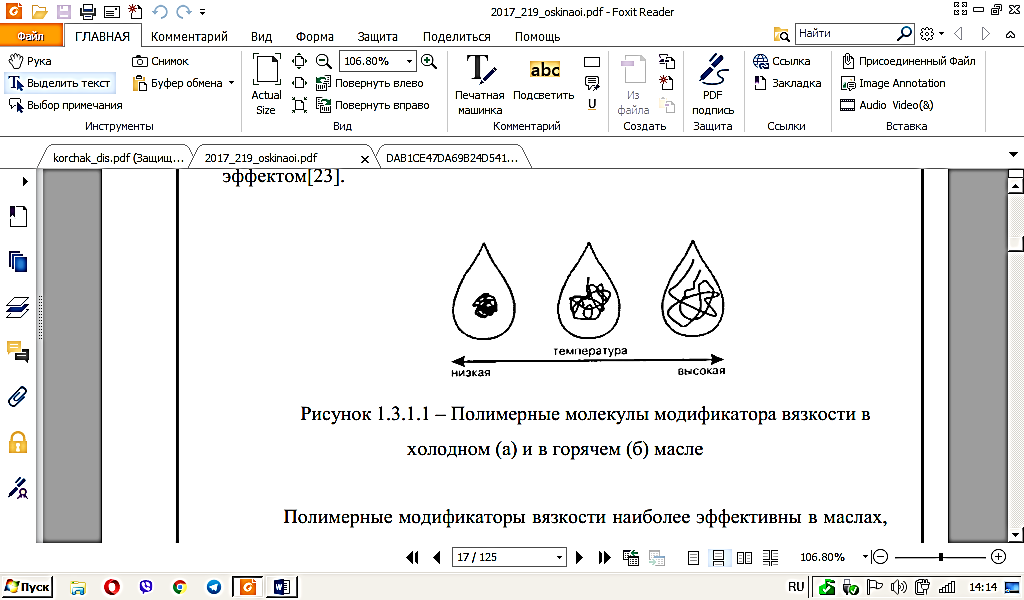


Рис. 1.4. Полімерні молекули модифікатора в'язкості в холодній і в гарячій оливі

Таким чином зменшується залежність в'язкості оливи від температури (підвищується індекс в'язкості). Присадки з такими властивостями називаються поліпшуючими індекс в'язкості, однак в іноземній літературі частіше вживають термін "модифікатор в'язкості".

В якості модифікаторів в'язкості застосовуються полімери та сополімери - гідрованний поліізопрен, поліізобутилен, сополімери олефінів (етилену, пропілену, бутилену), гідрованний сополімер стиролу і бутадієну, поліметакрилат та ін.

Частіше всього, в якості депресорних присадок використовують алкілфеноли, алкілнафталіни та інші полімерні продукти. Концентрація депресантів 0,05 - 1,0%.

*Протизносні і антифрикційні присадки.* На поверхнях тертя утворюється адсорбована плівка присадки, при нормальному змащенні, на якій можуть адсорбуватися молекули оливи, це відбувається через взаємодію полярних груп молекул присадки з поверхнею металу. Від зносостійкості цієї плівки і сили взаємодії молекул оливи з поверхнею металу в значній мірі залежать знос і сила тертя, при граничному режимі змащування.

Для зменшення зносу і збільшення липкості, в оливу вводяться протизносні присадки - діалкілдитіофосфату цинку і деякі інші ПАР, що утворюють хімічний зв'язок з поверхнею металу. Чим більша міцність утвореної плівки і чим сильніше вона пов'язана з поверхнею металу, тим меншою в'язкістю може володіти олива для досягнення такого ж змащуючого ефекту і зменшення зносу деталей.

*Модифікатори тертя.* Це присадки, що регулюють фрикційні властивості - коефіцієнт тертя змащуваних поверхонь.

*Модифікатори, що знижують тертя.* В оливу вносять присадки, що зменшують коефіцієнт тертя для зниження втрат на тертя в двигуні, а так само і для зниження витрати палива (рис.1.5). В якості таких присадок використовують сполуки, в молекулі яких є сильна полярна група, що забезпечує добре прилипання, і довгий лінійний ланцюжок, що забезпечує гарне ковзання. Застосування схожих присадок, створює додаткові можливості для створення «енергозберігаючих» олив.

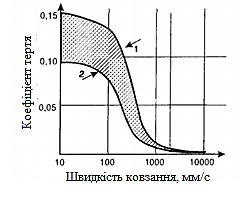


Рис.1.5. Вплив модифікатора тертя на коефіцієнт тертя: 1 - олива без модифікатора тертя; 2 - олива з модифікатором тертя

Примітка: заштрихованная площа еквівалентна економії енергії

*Модифікатори, що підвищують тертя.* Внаслідок ковзання зі стрибками коефіцієнта тертя, яке характерне в потужних вузлах трансмісій з гальмами мокрого типу такі присадки одночасно знижують можливість виникнення шуму і вібрацій. В якості таких присадок використовують сполуки, в молекулі яких є сильна полярна група, що забезпечує добре прилипання і коротка лінійна частина, що за певних умов забезпечує хороше зчеплення. Такими сполуками є деякі детергенти, сульфіди.

*Антикорозійні присадки*. При потраплянні на поверхні тертя, продукти корозії металів в оливі сприяють збільшенню зносу деталей. Тому присадки, що пригнічують корозію, виконують одночасно функцію протизносних присадок.

Інгібітори корозії, або антикорозійні присадки впливають наступним чином:

* нейтралізують кислоти, які утворюються при окисленні оливи або при згорянні сірчистого палива;
* зв'язують вологу, без якої корозія не відбувається [26].

Механізм захисту - утворення захисної плівки і нейтралізація кислот. З цією метою використовують в основному сильні поверхнево-активні речовини (ПАР) – аміносукцінати і сульфонати лужних металів.

При придушенні корозії особливу роль відіграють лужні присадки, особливо в дизельних двигунах, в яких використовуються сірчисті палива.

*Антиокиснювальні присадки*. При експлуатації, відбувається інтенсивне окислення вуглеводневих сполук оливи, при високій температурі і під впливом кисню повітря, в результаті чого це призводить до погіршення його змащувальних та інших функціональних властивостей. Ресурс присадок витрачається і олива підлягає заміні [19].

Процес окислення оливи достатньо складний. На нього впливають кисень, висока температури, швидкість зсуву, інтенсивність перемішування, домішки та іони металів (особливо міді і, в меншій мірі, заліза та ін.).

При окисленні оливи відбуваються наступні процеси, які істотно впливають на експлуатаційні властивості:

* збільшення молекулярної маси з'єднань, що є компонентами оливи, внаслідок чого підвищується в'язкість;
* утворення органічних кислот, що викликають корозію;
* утворення слюдистих речовин і вуглецевих частинок, коксу, які утворюють лакові відкладення і нагар на гарячих поверхнях деталей двигуна (поршні, кільця). Подібні забруднення призводять до зниження відводу тепла і залягання (закоксовування) поршневих кілець;
* агрегація смолистих речовин і вуглецевих частинок з утворенням чорного шламу в оливі.

Пригнічення окислення оливи на початковій його стадії здійснюється за допомогою антиокислювальних присадок, які називають інгібіторами окислення, при їх взаємодії з початковими продуктами реакції окислення - перекису, з утворенням неактивних сполук, які не здатні до продовження ланцюгової реакції окислення. Велика кількість антиокислювальних присадок, які зменшують утворення кислот, тим самим зменшують корозію, тобто антиокислювальні присадки є одночасно і антикорозійними присадками [20].

Каталітична дія іонів металів на окислення оливи пригнічується сполуками іншої групи антиокисних присадок - деактиватора металів. Як деактиватори застосовуються органічні сполуки (етилендіаміни, органічні кислоти), що зв'язують іони металів в неактивні комплекси.

Як антиокислювачів - деактиваторів перекисів використовують феноли і аміни, наприклад іонол, а в якості деактиваторів металів - органічні сполуки сірки, фосфору та інші. Найбільш поширеним антиокислювачем на даний час є диалкілдитіофосфат цинку. Він використовується і як протизадирна присадка. У нових високоякісних моторних оливах діалкілдітіофосфат цинку міститься до 1,4% [21].

*Миючі присадки*. Миючі присадки є поверхнево-активними речовинами (ПАР), які запобігають агломерації (злипання) нерозчинних продуктів окислення з подальшим їх відкладенням на деталях двигуна.

Миючі присадки за своєю дією ділять на детергенти і дисперсанти.

*Детергенти* є поверхнево-активними речовинами, які володіють миючими властивостями, що захищають поверхню деталей від прилипання і скупчення на них продуктів окислення. Аніонними детергентами зазвичай бувають оливорозчинні алкілбензолсульфонати, фосфонати та інші аналогічні сполуки.

Детергенти - це миючі речовини, що запобігають утворенню відкладень на деталях, які мають вплив термічного навантаження. Через них є можливість зберігати мотор майже чистим. Також, детергенти утворюють лужні запаси в моторній оливі, тобто кислі речовини, які є продуктами реакцій горіння будуть нейтралізовані. Детергенти - це присадки, що складаються із зольних металоорганічних з'єднань, що попереджують відкладення твердих часток на металі (агломерація). Процес нейтралізації (схематично) зображено на рис. 1.6.

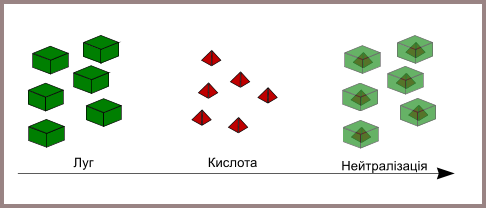


Рис. 1.6. Процес нейтралізації (схематично)

*Дисперсанти.* Механізм роботи дисперсантів полягає в обволіканні твердих і рідких забруднень (наприклад, вода, пил, продукти реакцій згорання або окислення), та утриманні їх в оливі в підвішеному стані для попередження їх відкладенню. Процес пептизації (рис.1.7): це процес в якому відбувається обволікання і утримання у підвішеному стані в оливі твердих забруднюючих частинок за допомогою беззольних (органічним) дисперсантів. Процес солюбілізації (рис.1.8): обволікання і утримання в підвішеному стані в оливі рідких забруднюючих частинок (вода, кислоти) без нейтралізації.

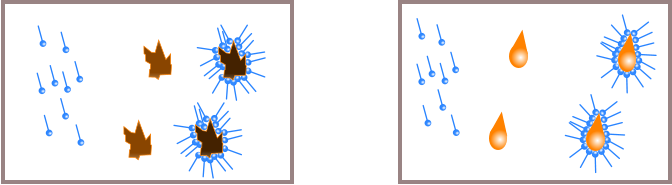


Рис. 1.7. Процес пептизації Рис. 1.8. Процес солюбілізації

*Емульгатори*. Ці сполуки зменшують поверхневу енергію рідин, через що вода в оливі утворює стійку емульсію і невиділяється в окремий шар. Емульгаторами служать детергенти.

*Протипінні* *присадки*. Піноутворення перешкоджає нормальній роботі системи змащення; змазування тертьових поверхонь стає скрутним через розриви масляної плівки, погіршується робота гідравлічних систем, прискорюється процес окислення оливи в присутності кисню повітря. Швидке перемішування оливи в свою чергу сприяє утворенню піни. В'язкі оливи є найбільш схильними до піноутворення, особливо при низьких температурах і в присутності вологи. Антиокислювальні і миючі присадки також підсилюють піноутворення. У складі протипінних присадок зазвичай містяться силіконові речовини - поліалкілсілоксани і деякі інші полімери [22].

* 1. **Вимоги, що пред'являються до сучасних моторних олив**

Основним напрямом двигунобудування, яке швидко розвивається є: збільшення питомої потужності двигуна, покращення екологічних показників, поліпшення його економічності і надійності, зменшення масогабаритних параметрів. Ці проблеми та їх рішення безпосередньо пов'язані з питаннями застосування моторних олив.

Базові оливи і пакети присадок, що розробляється досвідченими фірмами, в певній мірі розробляється великою кількістю нафтопереробних компаній, що забезпечує великий загальний рівень якості моторних олив, що показані на ринку мастильних матеріалів по всьому світі [23].

Сучасні моторні оливи повинні зберігати експлуатаційні властивості тривалий час (від 500 до 2000 мотогодин роботи двигуна, приблизно 12 - 45 тис. км пробігу). Разом із заміною моторної оливи повинна проходити також заміна фільтруючих елементів під час технічного обслуговування автомобілів. Також необхідна бути досягнута низька витрата оливи на чад [24].

Оскільки двигуни внутрішнього згоряння можуть сильно відрізнятися за типами та конструкціям, то оливи підбираються під кожен двигун індивідуально. У зв'язку з цим можуть істотно відрізнятися склад і умови її експлуатації.

Для забезпечення надійної та довговічної роботи двигунів та інших механізмів, що змащуються, оливи повинні відповідати таким технічним вимогам:

* мати задовільну змащувальну здатність;
* мати оптимальну в’язкість, достатню для створення  
  надійного рідинного шару у вузлах з гідродинамічним змащенням  
  при максимальній температурі;
* мати пологу в’язкісно-температурну характеристику (ВТХ);
* мати необхідні протизадирні властивості за високих  
  температур;
* мати високу термоокиснювальну стабільність;
* мати низьку корозійну активність;
* мати низьку температуру застигання;
* мати високу температуру спалаху;
* мати вузький фракційний склад;
* володіти фізичною однорідністю, тобто відсутністю механічних  
  домішок і води;
* володіти низькою схильністю до піноутворення;
* мати малу токсичність [25].

**1.5. Класифікація моторних олив**

Моторна олива за ДСТУ 3437 – олива для поршневих двигунів внутрішнього згорання та інших двигунів. Однією із найважливіших властивостей моторної оливи є її в’язкість, а також залежність від температури у широких межах (від температури максимального навантаження влітку до температури навколишнього середовища під час холодного пуску взимку).

В’язкість найчастіше визначають як міру опору витіканню рідини або стійкість рідини до плинності. В’язкість відіграє ключову роль для забезпечення нормальної експлуатації обладнання [26].

Також велике значення під час вибору оливи має як в’язкість, так і ІВ.

Індекс в’язкості – це емпіричне число, що відображає зміну в’язкості залежно від зміни температури.

1.5.1. Класифікація моторних олив за в’язкістю (SAE J 300)

На загальному рівні прийнята міжнародна класифікація SAE J300 в якій найповніше описано відповідність в’язкісно-температурних властивостей олив вимогам двигунів (табл. 1.1).

В цій системі в’язкість оливи виражають в ступенях в’язкості SAE (SAE Viscosity Grade – SAE VG*)* – це числові значення, які являються умовними символами всіх в’язкісних властивостей. Моторні оливи в таблиці 1.1. діляться на п’ять літніх класів в’язкості без літерного позначення (20, 30, 40, 50 і 60) та на шість зимових з літерою «W» (OW, 5W, 10W, 15W, 20W і 25W).

Таблиця 1.1

Класифікація моторних олив за в’язкістю (SAE J 300)



Сезонні оливи літнього класу мають ступінь в’язкості, який визначають за максимальною та мінімальною кінематичними в’язкостями при температурі 100 °С, а також за мінімальною в’язкістю при температурі 150 °С та швидкості зсуву 106 с-1.

Комбінація літнього та зимового ряду, які розділяються знаком «дефіс» (наприклад, SAE 10W-40) називаються всесезонні (multiviscosity-gradeoils) оливи. Позначення всесезонних олив відбувається подвійним номером: перший показує на мінімальне значення динамічної (ймовірної) в’язкості оливи при мінусовій температурі, а також гарантує пускові властивості, а другий – визначає характерний для відповідного класу в’язкості літньої оливи діапазон кінематичної в’язкості за температури 100 °С та динамічної в’язкості за температури 150 °С.

Класифікація SAE показує ступені в’язкості, які допомагають оцінити діапазон температури навколишнього середовища, в якому олива буде забезпечувати нормальну роботу двигуна – його прокачування оливи насосом оливною системою в процесі холодного запуску, прокручування стартером і надійне змащування влітку під час тривалої роботи в режимі максимальних швидкостей та навантажень [26].

Температурні межі роботоздатності оливи для двигунів різної будови істотно різняться. Вони залежать від найменшої пускової швидкості обертання колінчастого валу, потужності стартера, від продуктивності оливного насосу, гідравлічного опору оливо-приймального тракту та багатьох інших конструктивних, технологічних та експлуатаційних чинників (технічного стану автомобіля, якості бензину або дизпалива, кваліфікації водія тощо).

1.5.2. Класифікація за API

Результатом роботи спільно API, ASTM і SAE в 1969 р. є система класифікації моторних олив API Engine Service Classification System.

Система API класифікує три експлуатаційні категорії (три ряди) призначення та якості моторних олив. До категорії «S» (Service) відносяться оливи для 4-тактних бензинових двигунів, до категорії «С» (Commercial) – оливи, призначені для дизелів автомобільного транспорту, дорожньо-будівельної техніки та сільськогосподарських машин. До категорії ECвідносять енергозберігаючі оливи (Energy Conserving). Це новий ряд високоякісних олив, застосування яких дає змогу зменшити витрату палива на бензинових двигунах.

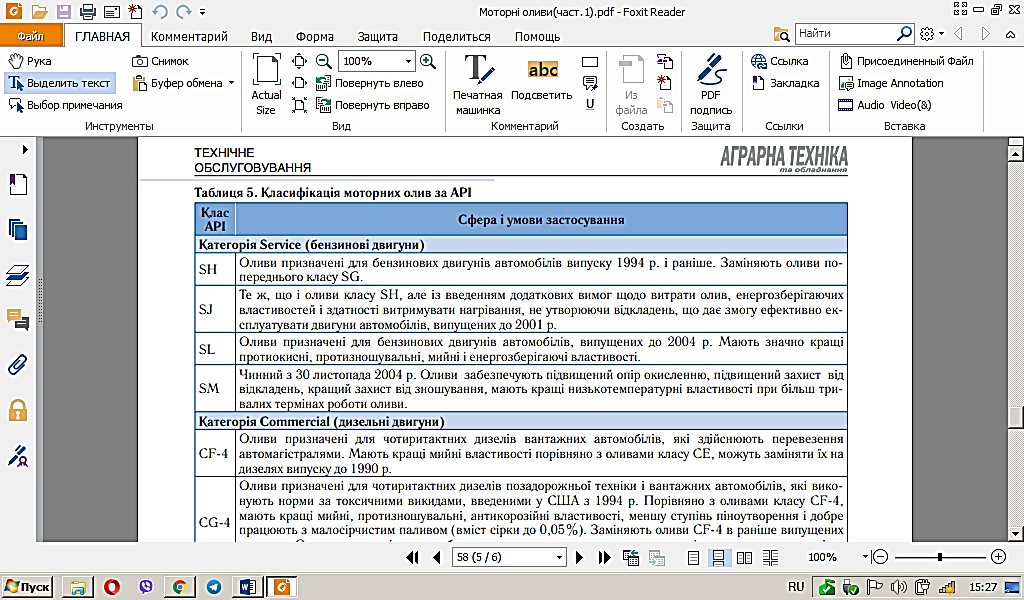
Категорії: для кожної нової генерації додають додаткову літеру за абеткою: API SA, API SB, API SC, API SD, API SE, API SF, API SG, API SH, API SJ (категорія SI – навмисно пропущена API для усунення плутанини з Міжнародною системою мір) [27].

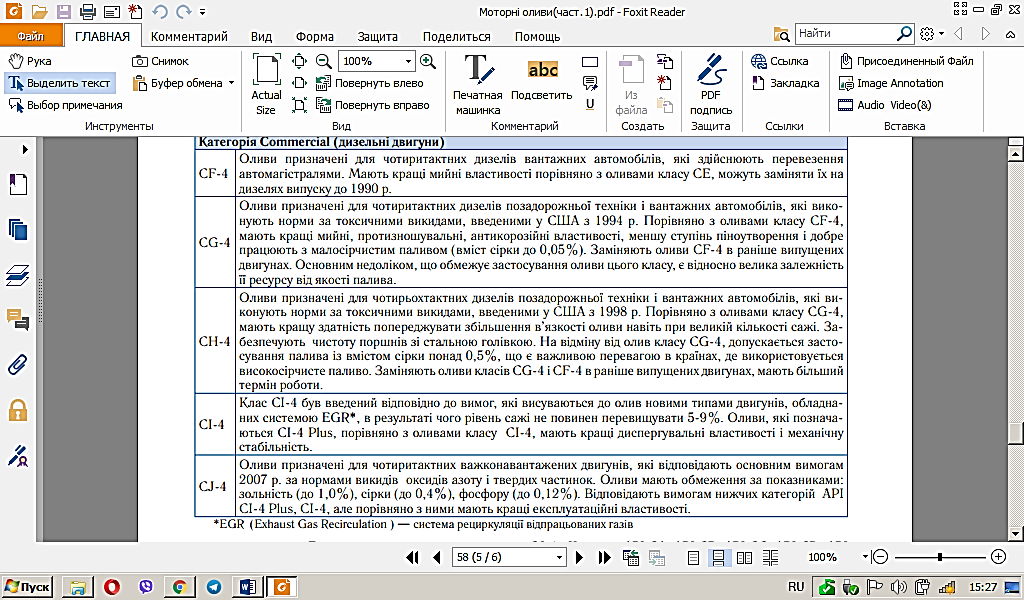
Аналогічно для категорії «С». Цифри при визначені класів CF-2, CF-4, CG-4 та СН-4 надають додаткову інформацію про застосування даного класу олив в 2- або 4 тактних дизелях відповідно (табл. 1.2).

Для позначення універсальних олив, тобто таких, що можуть застосовуватися для змащування бензинових двигунів та дизелів, прийнято подвійне маркування: перший символ є основним, а другий вказує на можливість застосування цієї оливи для двигуна іншого типу, наприклад SF/CC, SG/CD, CF-4/SH, так API CG-4/SH – олива, оптимізована для використання у дизельних двигунах, але її можна застосовувати і в бензинових двигунах, для яких приписується олива категорії API SH і нижче (SG, SF, SE тощо) (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Класифікація за API





1.5.3. Класифікація за АСЕА

В Європі для класифікації моторних олив використовують стандарт ACEA. Є досить базовим і у декількох аспектах базовим для них, беручи до уваги присутність великого числа фірмових допусків автовиробників. Застосовуються азійськими автовиробниками, які ведуть свою роботу на ринку Європи. Не застосовуються у Північній Америці. 1 лютого 2002 р. було оголошено методи досліджень олив АСЕА 2002 (Sequence). Було проглянуто та введено вимоги по відношенню до чистоти і шламоутворення для бензинових двигунів (А1, А2, А3, А-4) та добавлено нову категорію А5 з характеристиками двигуна А3, які мали більші високі вимоги по відношенню до збереження палива. Здійснили коригування методів випробування із чистоти, зношування, попередження шламоутворення для легкових дизельних автомобілів і добавлено нову категорію В5 з більшим ступенем чистоти і підвищеною економією палива. Надається особливе значення протизношувальним характеристикам щодо кілець, гільзи циліндру і підшипників для олив категорії Е5.

Оливи цих категорій сумісні зі всіма іншими категоріями.  
Категорії «А» і «В» були об’єднані. Додано нові категорії С1, С2, С3 і С4, що відносяться до моторних олив для легкових автомобілів, які оснащені системами доочищення вихлопних газів. Такі оливи характеризуються особливо низьким вмістом золоутворюючих компонентів і низькими рівнями сірки й фосфору для зменшення негативного впливу на системи фільтрування й каталізатори (табл. 1.3). Європейський стандарт ACEA висуває більш жорсткі вимоги до характеристик олив, аніж стандарт API. Згідно з класифікацією ACEA, моторні оливи поділяються на три класи [28].

Клас A/B: для бензинових і дизельних двигунів легкових автомобілів і легкої комерційної техніки;

Клас C: оливи зі зниженою зольністю (Low SAPS – Sulfated Ash, Phosphorus, Sulphur) для бензинових і дизельних двигунів легкових автомобілів і легкої комерційної техніки, оснащених додатковими системами нейтралізації відпрацьованих газів, зокрема, системами EGR, багатоступеневими каталізаторами, сажовими фільтрами;

Клас E: для важких вантажних автомобілів, будівельної техніки тощо.  
У класифікаціх ACEA, на відміну від американської API, назва класу не змінюється при зміні вимог до властивостей оливи чи методики тестування. Зміни відбуваються в маркуванні класу за роками (наприклад, A3-04/B4-04) [28].

Таблиця 1.3

Класифікація за АСЕА

|  |  |
| --- | --- |
| Клас | Сфера застосування |
| A1/B1 | Двигуни з подовженим терміном використання оливи. Маловязкі енергоощадні оливи. |
| A3/B3 | Двигуни, що працюють у важких умовах або з подовженими міжсервісними інтервалами, в тому числі з турбонадувом. Стандартна вязкість HTHS> 3,5МПа\*с. |
| A3/B4 | Для двигунів, що працюють у важких умовах або з подовженими міжсервісними інтервалами, в тому числі з турбонадувом і безпосереднім впорскуванням палива, насос-форсунками або системою Common Rail.Стандартна вязкість HTHS> 3,5МПа\*с. |
| A5/B5 | Для двигунів, що працюють у важких умовах або з подовженими міжсервісними інтервалами, в тому числі з турбонадувом, зокрема, з турбонадувом. Маловязкі енергоощадні оливи. Стандартна вязкість HTHS 2,9- 3,5МПа\*с. |
| С1 | Для двигунів з сучасними системами нейтралізації відпрацьованих газів, що відповідають екологічному стандарту ЄВРО-4. Маловязкі енергоощадні оливи зі зниженою вязкістю HTHSвід 2,9 МПа\*с. Низька зольність. |
| С2 | Для двигунів з сучасними системами нейтралізації відпрацьованих газів. Маловязкі енергоощадні оливи зі зниженою вязкістю HTHSвід 2,9 МПа\*с.Середня зольність. |
| С3 | Для двигунів з сучасними системами нейтралізації відпрацьованих газів, що працюють у важких умовах або з подовженими міжсервісними інтервалами, в тому числі оснащені турбонадувом. HTHS> 3,5 МПа\*с. Низька або середня зольність. |
| С4 | Для двигунів з сучасними системами нейтралізації відпрацьованих газів, зокрема, оснащені турбонадувом. HTHS> 3,5 МПа\*с. Низька зольність. |
| Е1 | Для дизельних двигунів без турбонадуву, що працюють у легких умовах зі стандартними інтервалами заміни. Скасовано у 1998р. |
| Е2 | Для малонавантажених дизельних двигунів без сажових фільтрів і систем рециркуляції зі стандартними міжсервісними інтервалами. Скасовано у 2007р. |
| Е3 | Для дизельних двигунів без сажових фільтрів і систем рециркуляції, що працюють в тому числі у важких умовах чи з подовженими інтервалами заміни. Скасовано у 2002р. |
| Е4 | Для високообертових дизельних двигунів екологічних класів ЄВРО 1, 2, 3 (без сажових фільтрів), що працюють у важких умовах чи з подовженимиміжсервісними інтервалами. Висока зольність, добріантиокиснювальні властивості. |
| Е5 | Для високообертових дизельних двигунів екологічних класів EURO 1, EURO 2 та EURO 3 (без сажових фільтрів), що працюють в важких умовах чи з подовженими міжсервісними інтервалами. Від олив класу Е4 відрізняються тим, що відповідають жорсткішим вимогам, що їх висуває американський стандарт API. |
| Е6 | Для дизельних двигунів, що відповідають вимогам екологічних стандартів EURO 1–EURO 5, у тому числі таких, що оснащені системами рециркуляції EGR та сажовими фільтрами. Відповідає класу E4, однак із обмеженою зольністю. |
| Е7 | Для високообертових дизельних двигунів, що відповідають вимогам екологічних стандартів EURO 1–EURO 4, оснащених системами рециркуляції EGR та без сажових фільтрів та що працюють за подовжених міжсервіснх інтервалів. Поліпшені антиокиснювальні та мийні властивості. |
| Е9 | Для дизельних двигунів екологічних класів EURO 1–EURO 5, зокрема, таких, що оснащені системами рециркуляції EGRі сажовими фільтрами. Відповідає класу E7, однак із обмеженою зольністю. |

1.5.4. Класифікація за ILSAC

Класифікація ILSAC - це діючий стандарт, який був запроваджений міжнародним комітетом з стандартизації та апробації моторних олив ILSAC. Американська та японська асоціації автовиробників ААМА та JAMA заснували цей комітет, який поширений у корейських, американських, японських автовиробників.

Всі оливи класу ILSAC мають понижену високотемпературну в’язкість HTHS. Оливи класу ILSAC в теперішній час поділені на 6 класів (табл. 1.4). Кожний наступний клас вихиляє більш жорсткі умови по відношенню до властивостей олив або розгортає межі можливих в’язкостей (як правило, вбік рідших олив).

Таблиця 1.4

Класифікація за ILSAC

|  |  |
| --- | --- |
| Клас | Сфера застосування |
| GF1 | Відповідає вимогам стандарту API SH та директиви Energy Conserving II (EC-II). Являє собою базові вимоги до олив для американських і японських автовиробників. |
| GF2 | Відповідає вимогам стандарту API SJ та директиви EC-II. Додаткові вимоги до зольності, низькотемпературних властивостей, високотемпературної стабільності та піноутворення. Допустимі класи в’язкості: 0W-30, 0W-40, 5W-20, 5W-30, 5W-40, 5W-50, 10W-30, 10W-40 і 10W-50. Якість перевершує GF-1. |
| GF3 | Відповідає вимогам стандарту API SL та директиви EC-II. Додаткові вимоги до стійкості пакету присадок, схильності до утворення відкладень, впливу оливи на системи нейтралізації відпрацьованих газів, паливної економічності. Якість перевершує GF-1 та GF-2. |
| GF4 | Стандарт GF-4 є ідентичним API SM, однак вимагає проходження додаткових випробувань на паливну економічність VIB Fuel Economy Test (ASTM D 6837). Якість перевершує GF-1, GF-2 та GF-3. |
| GF5 | Забезпечує кращий захист поршнів від високотемпературних відкладень та кращий захист турбокомпресорів, має високу сумісність з ущільнюючими деталями двигуна, підвищену стійкість під час використання у двигунах, що працюють на паливі з вмістом етанолу (до E85). Жорсткіші вимоги до шламоутворення. Якість перевершує GF-1, GF-2, GF-3 та GF-4. Представлений у 2010 р. |
| GF6 | Забезпечує кращі аніж у GF-5 захист двигуна, паливну економічність та стабільність. Значення HTHS від 2,6 МПа∙с. |

**1.6. Методи аналізу моторних олив**

Аналіз моторних олив, тобто визначення фізико-хімічних показників моторних олив проводять в таких випадках:

а) випробування готової продукції на виробництві;

б) сертифікаційні дослідження при надходженні оливи в торговельну мережу;

в) експертні дослідження при визначенні справжності оливи;

г) випробування в процесі або після закінчення експлуатації.

При перевірці дотримання технології виробництва готової продукції застосовують методи, які потібні для визначення наявності та кількості сировинних компонентів [29].

Сертифікаційні випробування включають вимір найважливіших з вимірюваних на виробництві показників і їх порівняння з паспортними даними, зазначеними за результатами вимірювань на виробництві.

Експертні випробування включають вимір найважливіших показників, набір яких є індивідуальним для даної марки оливи. Деякі показники, важливі для визначення експлуатаційних властивостей, неінформативні при ідентифікації моторних олив. Наприклад, в'язкість або температура спалаху.

Вимірювання параметрів оливи служить для визначення залишкового ресурсу оливи або для діагностики несправностей двигуна і має свою специфіку.

Нижче наведені показники, на яких ґрунтуються дані методи:

• Вязкість кінематична по ГОСТ 33.

• Індекс в'язкості.

• Масова частка механічних домішок.

• Масовая частка води.

• Температура спалаху, що визначається у відкритому тиглі по ГОСТ

4333.

• Температура застигання по ГОСТ 20287.

• Корозійна стійкість моторних олив по ГОСТ 20502.

• Миючі властивості по ПЗВ по ГОСТ 5726.

• Лужне число по ГОСТ 11362.

• Зольність сульфатна по ГОСТ 12417.

• Стабільність по індукційному періоду осадоутворення по ГОСТ 11063.

• Метод визначення кольору на колориметрі ЦНТ по ГОСТ 20284.

• Густина при 20 ° С по ГОСТ 3900.

• Масова частка активних елементів по ГОСТ 13538.

За допомогою набору перерахованих показників можливо ідентифікувати марку моторної оливи з досить великою ймовірністю. Однак, деякі методи трудомісткі і дорогі, наприклад, стабільність по індукційному періоду.

Реалізація повного комплексу методів не дозволяє оперативно здійснювати контроль олив, в зв'язку з чим процедура ідентифікації застосовується рідко і, як правило, при розгляді випадків виникнення несправностей в двигунах автомобілів. В цілому, даний комплекс випробувань не може служити для своєчасного і масового виявлення контрафактної продукції.

Більш перспективним видається метод інфрачервоної (ІК) спектроскопії. Методи ІК аналізу і обладнання широко використовуються як в дослідницькій практиці, так і в промисловості і в лабораторіях, які контролюють різні продукти [30].

**1.7.** **Властивості та якість моторних олив**

Одні з важливих експлуатаційних властивостей олив є: змащувальні, в’язкісно-депресорні, мийно-диспергувальні, антикорозійні та термоокиснювальна стабільність.

1.7.1. Фундаментальні засади змащувальних властивостей олив

Змащувальна здатність олив виявляється у можливості попереджувати зношування, задирання, а також знижувати тертя.

Під час роботи пари тертя умови змащування мають залежність від швидкості ковзання, навантаження, а також від стану і природи олив. При нормальних умовах рідкий шар оливи розташовується між поверхнями тертя, таке змащування називають *рідинним (гідродинамічним)*, оскільки сила тертя залежить лише від в’язкості оливи. При збільшенні температури або під час підвищення навантаження більша частина оливи витискається з міжповерхневого простору й на поверхнях тертя залишається тільки тонка плівка адсорбованої оливи - змащування граничне. Сила тертя немає залежності від в’язкості оливи, а зношування визначено стабільністю адсорбційної плівки та її адгезією до металу. Трибологічні показники тертя досліджують на чотирикульковій машині:

– *критичне навантаження*– тиск, при якому відбувається швидке зростання коефіцієнту тертя за рахунок руйнування адсорбованого граничного шару ММ;

– *навантаження зварювання*– тиск, при якому відбувається міцне з’єднання поверхонь тертя кульок (зварювання);

– *індекс задиру*– показник, який описує, що відбувається з ММ в процесі тертя в режимі пошкодження;

– *діаметр плями зношування*– визначається при стабільному навантаженні та описує протизношувальні властивості ММ [31].

1.7.2. В’язкість та індекс в’язкості олив. Фізико-хімічні властивості оливи

В’язкість характеризує властивість рідини створювати опір переміщенню, що зумовлено внутрішньою молекулярною взаємодією в рухомому середовищі. В’язкість залежить від складу оливи, температури, тиску, швидкості зсуву та часу роботи оливи у вузлі тертя. Практично застосовують визначення *динамічної (абсолютної), кінематичної*й *позірної*в’язкості [32].

*Динамічна в’язкість*(η, Па∙с) – відношення напруження зсуву до градієнта швидкості зсуву. Градієнт швидкості зсуву – відношення швидкості переміщення рухливого твердого тіла до товщини шару рідини між рухомим і нерухомим тілом. Напруження зсуву – це відношення діючої сили до площини твердих тіл, розділених шаром рідини. Динамічна в’язкість показує властивість оливи за критиних температур та швидкості зсуву текти та змащувати вузли тертя в холодному двигуні. Міра властивості оливи текти і забезпечувати потрібний тиск в системі змащування за первинної стадії роботи холодного двигуна називається динамічною в’язкістю прокачування. Найнижча температура, при якій олива прокачується, називають нижньою температурою прокачування, вона дуже близька до найменшої температури експлуатації.

*Кінематична в’язкість*(ν, м2/с) – це відношення динамічної в’язкості до густини оливи, що описує текучість оливи під дією власної сили тяжіння. Кінематична в’язкість визначається при температурі 40 °С або 100 °С, полягає у вимірюванні часу витікання деякого об’єму рідини під тиском сили тяжіння з використанням капілярного віскозиметра.

Індекс в’язкості (VI – viscosity index) характеризує в’язкісно-температурну характристику(ВТХ), порівнюючи в’язкість з кривими еталонних олив, в’язкість яких за *t* = 98,8 оС дорівнює в’язкості оливи, що випробовується. ІВ незагущених мінеральних олив дорівнює 90–105. Всесезонні загущені оливи (надто синтетичні) мають ІВ 130 - 180 та вище [32].

Між маркуванням в’язкості та робочим діапазоном температур олив існує залежність, яку ілюструє рис. 1.9.

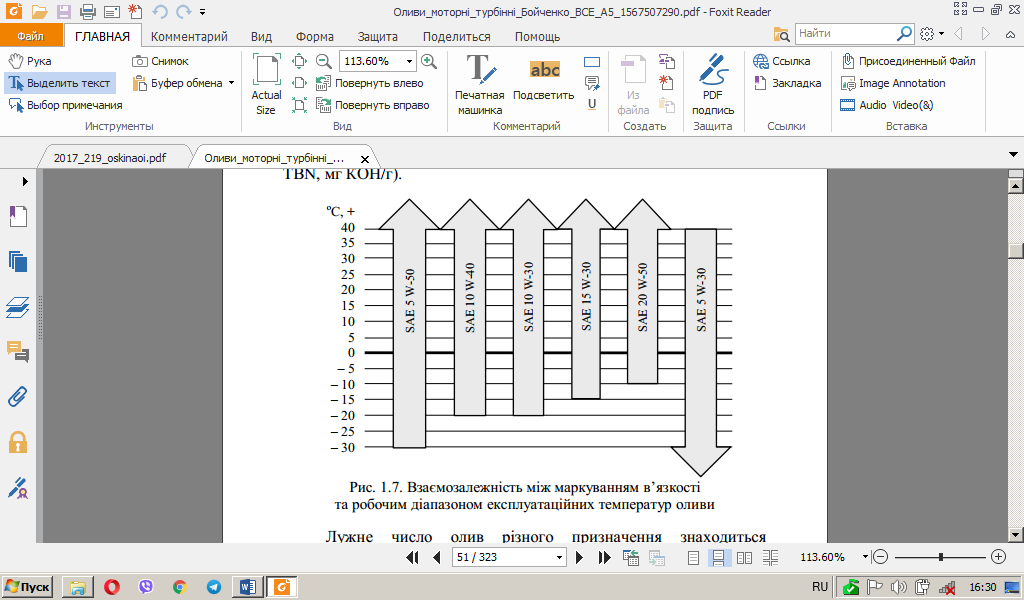


Рис.1.9. Взаємозалежність між маркуванням в’язкості та робочим діапазоном температур олив

Підтримання двигуна у чистоті та можливість нейтралізації кислих продуктів згорання, що утворюються в оливі є також важливою функцією оливи у двигуні. Ці властивості оливи забезпечують мийними та диспергувальними присадками. Їх мірою є *лужне число* (*число нейтралізації*, TBN, мг КОН/г).

Лужне число для олив різного призначення лежить у широкому діапазоні. Наприклад, оливи для двотактних двигунів мають лужне число 1–2 мг КОН/г, оливи для автотракторних двигунів – 5–15 мг КОН/г.

Сульфатна зольність – це зола, переведена у сульфіди. Золою являються неорганічні речовини, а саме оксиди і солі металів, що утворюються при горінні всіх органічних частин олив. Оливи для бензинових двигунів мають сульфатну зольність 0,8–1,5 %, для дизельних – 1–2 %.

Проводять зважування залишку, який утворюється в процесі спалювання оливи в присутності сірчаної кислоти. Чим більша сульфатна зольність, тим більше в оливі присадок [32].

*Кислотне число* (мг КОН/г) - це показник, що описує присутність у складі оливи продуктів окиснення вуглеводнів. Додаючи до складу оливи антиокиснювальні присадки можна підвищити стійкість до окисненя. Тобто кислотне число є мірою старіння олив. При роботі двигуна внутрішнього згорання швидке збільшення в’язкості, яке зумовлюється окисненням, при довготривалій роботі оливи, починається після майже повного використання антиокиснювальних присадок. Стійкість до окиснення непрямо характеризується *індукційним періодом осадоутворення*(ГОСТ 11063).

*Температура спалаху*– це найнижча температура, за якої пари оливи, що нагрівається утворюють з навколишнім повітрям таку суміш, що спалахує від відкритого вогню, але швидко гасне через недостатню інтенсивність випаровування. Визначають за допомогою двох методів – *у відкритому*(для олив) і *закритому*(для палив) *тиглях*. Температуру спалаху застосовують для визначення базових олив і ММ, вона є дуже важливою характеристикою при класифікації продуктів відповідно до міжнародних правил транспортування.

*Температу́ра займа́ння*– найнижча температура оливи, за якої за встановленими умовами випробувань над її поверхнею утворюється пара або гази з такою швидкістю, що після їх запалювання виникає стійке горіння. Поведінка олив у низькотемпературних умовах характеризується температурою, за якої олива стає мутною за стандартизованих умов охолодження через початок виділення парафіну, або температурою, за якої олива перестає текти.

*Температура застигання*– показник здатності оливи залишатися плинною за низьких робочих температур. Це найменша температура, за якої рідина залишається плинною після охолодження в певних умовах.

*Температура помутніння*– температура, за якої в охолоджуваній у стандартних умовах оливі з’являється значна кількість кристалів парафіну. Характеризує тенденцію речовини забивати фільтри або невеликі отвори в холодну погоду [33].

*Густина*– фізична константа, маса одиниці об’єму оливи (в кг/м3, г/см3). Для визначення густини олив використовують різні випробовувальні пристрої: ареометри, пікнометри, гідростатичні терези або цифрові густиноміри. Густина залежить від фракційного складу базових олив.

*Колір.* Товарний вигляд оливи оцінюють за її кольором.  
Колір оливи залежить від присутності темних смолистих речовин і від властивостей нафти, з якої виготовлено оливу [34].

*Масова частка активних елементів*– показник, що характеризує кількість і якість ввдених до оливи присадок, а також кількість активної сірки в базовій оливі.

1.7.3. Експлуатаційні властивості

*Стабільність до окиснення*– це здатність оливи протидіяти окисненню. Процес окиснення вуглеводнів відбувається у декілька стадій. В першу чергу при окисненні збираються вихідні продукти – перекиси, далі різко пришвидшують цей процесс. Перший етап окиснення називається індукційним періодом, який майже не викликає помітних змін фізичних властивостей олив. Період протікання цього етапу є показником стійкості оливи до окиснення. В процесі окиснення оливи збільшується в’язкість оливи, через утворення кислот, смол, на нагрітих поверхнях утворюються відкладення, нагар, лак, накопичення яких може призвести до підвищення зношування, заклинювання кілець, штовхачів та інше. Кислі продукти викликають корозію деталей двигуна й пришвидшують старіння гумових деталей.

*Коксівність.* Описує тенденцію оливи при нагріванні утворювати залишок (після випаровування летких фракцій) з подальшим термічним розкладанням залишку оливи за відсутності повітря. За методом Конрадсона визначається шляхом спалювання нафтопродукту в пристрої та обчисленні маси коксового залишку. Виражається у % [34].

Показник *масової частки води* характеризує наявність в оливі домішок води. Визначається шляхом нагрівання проби оливи з нерозчинними у воді розчинниками та визначенні об’єму сконденсованої води. Виражається у % об. або % мас. Внаслідок попадання води в оливу утворюються низькотемпературні відкладення, які не дають можливості нормального фільтрування олив, і тим самим погіршують подачу оливи до вузлів тертя.

Показник *масова частка механічних домішок* характеризує забрудненість оливи сторонніми домішками. Виражається в % мас. Під час виробництва, транспортування чи/або зберігання в моторну оливу можуть потрапляти тверді забруднюючі частинки з навколишнього середовища, а також в процесі використання оливи можуть забруднювтися нерозчинними продуктами окиснення та зношення. Це призводить до забивання фільтрів, оливопровідних каналів, до підвищення швидкості окиснення оливи, підвищення абразивного зношування.

*Схильність до піноутворення.* В процесі роботи двигуна внутрішнього згорання в його оливній системі може утворитися піна, що спричиняє порушення змащувальних властивостей, зниження продуктивності оливного насосу й зупинення текучості оливи, а у кінцевому результаті – до явища граничного тертя. Першопричиною винекнення піни в оливах є наявність води або охолоджуючої рідини. Тенденція оливи до піноутворення визначають продуванням повітря з однаковою швидкістю через моторну оливу протягом 5 хв. Об’єм утвореної піни вимірюють одразу і потім через 10 хв після того, як піна осіла [35].

*Механічна стабільність*– це здатність оливи протидіяти процесам механічної деструкції.

*Стійкість до механічної деструкції*– це властивість оливи зберігати постійну в’язкість під дією високої деформації зсуву під час експлуатації. Деструкція молекул полімерів (загусників), що входять до складу олив, викликана деформацією зсуву у вузьких щілинах під час швидкого ковзання поверхонь тертя викликає високу швидкість витікання оливи. При деструкції відбувається зменшення в’язкості, що призводить до зміни режиму змащування, прояву процесів пошкодження поверхонь тертя, а також до підвищення витікання оливи із системи змащування.

У сучасних двигунах внутрішнього згорання основним джерелом втрат оливи є втрати, що йдуть на випаровування, з одного боку, через присутність низкокиплячих фракцій у складі оливи, з іншого боку – підвищених температур, за яких використовується олива у двигуні (рис.1.10.).

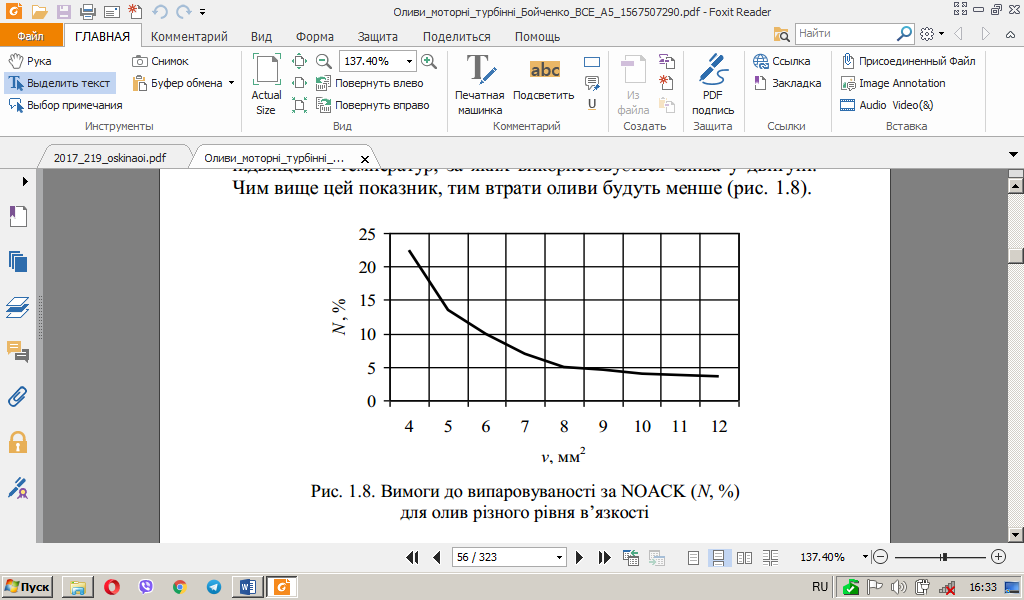


Рис. 1.10. Вимоги до випаровуваності за NOACK (N, %) для олив різного рівня в’язкості

Випаровуваність за NOACK визначають під час випробування оливи протягом 1 год за температури 250 оС із продувкою повітрям. Випаровуваність за NOACK можна розрахувати за формулою:

*N* = 123,075 – 0,283 ∙ *t*10 ,

де *t*10 – температура відгону 10 % оливи, оС.

*Клас чистоти.* Оливи мають бути чистими, без забруднень, тому під час транспортування потрібно забезпечувати високий рівень чистоти. Чистота робочої рідини характеризується класами чистоти від 0 до 17. Кожному класу відповідає допустима кількість частинок певного розміру і загальна маса забруднень. Усі забруднення діляться на дві групи: частинки й волокна. Волокнами вважаються частинки товщиною не більше 30 мкм при відношенні довжини до товщини не менше 10:1. Частинки забруднень розміром більше 200 мкм (не рахуючи волокон) у робочій рідині не допускаються.

*Гарантійний термін зберігання*– строк, протягом якого споживчі властивості товару не мають погіршуватися за умови дотримання вимог нормативних документів. Гарантійний термін зберігання обчислюється від дати виготовлення товару та закінчується датою, визначеною виробником [32].

*Гранично допустима концентрація*(ГДК) – показник безпечного рівня вмісту шкідливих речовин у природному довкіллі. Відповідає максимальній кількості шкідливої речовини в одиниці об’єму або маси, що при щоденному впливі впродовж необмеженого часу не викликає будь-яких змін в організмі людини і несприятливих спадкових змін у нащадків, а також не призводить до порушення нормального відтворення основних ланок екологічної системи природного об’єкта.

*Клас небезпеки речовини*(I, II, III, IV) – ступінь небезпеки для людини хімічних речовин, що забруднюють повітря, що залежить від їх токсичності, кумулятивності, лімітуючої ознаки шкідливості та здатності викликати несприятливі віддалені ефекти. Головним параметром, за яким оцінюють передбачувану шкоду тих або інших ММ для довкілля, є *біологічнарозщеплюваність (біорозщеплюваність).*Біологічною розщеплюваністю – це здатність будь-якої речовини піддаватися руйнуванню мікроорганізмами на нетоксичні водорозчинні сполуки.

Обумовлені характеристики властивостей повинні бути найбільш близькими до реальних, що виявляється в умовах експлуатації [35].

З цією ціллю використовують декілька способів випробувань:

• лабораторні методи хімічного та фізико-хімічного аналізу дають змогу оцінити властивості мастильних матеріалів при виробництві, застосуванні та контролі якості і проводяться в умовах стаціонарних і мобільних лабораторій стандартними методиками;

• стендові лабораторні випробування проводять на спеціальних приладах і обладнанні, що імітують умови роботи агрегатів. Ці способи застосовують для оцінки одного або кількох експлуатаційних властивостей продукту. Дослідження проводяться за стандартними методикам і дають змогу набагато швидше і економічніше, ніж при експлуатаційних випробуваннях, оцінити реальні властивості продукту; їх застосовують для контролю і при класифікації за рівнями якості;

• стендові моторні випробування проводять на діючих (повнорозмірних) агрегатах (двигун, коробка передач і інші агрегати), встановлених в лабораторіях і оснащених цілим комплексом вимірювальних приладів, на яких одночасно визначаються багатоексплуатаційні характеристики при різних режимах роботи агрегату;

• дорожні випробування проводять при експлуатації певного автомобіля або іншої техніки протягом певного часу і в строго регламентованих умовах.

**1.8. Зміна якості олив під час використання**

Під час експлуатації олив відбуваються певні зміни їх складу та експлуатаційних (у тому числі й екологічних) властивостей. При протіканні хіммотологічних процесів міняється склад олив, що призводить, зазавичай, до погіршення їх фізичних, фізико-хімічних, експлуатаційних і екологічних властивостей.

Зміна властивостей олив в умовах виробництва, транспортування, зберігання й використання відбувається внаслідок протікання таких основних процесів:

1. **Фізичні:** випаровування легких фракцій, забруднення механічними домішками, поглинання вологи, кристалізація, змішування з іншими нафтопродуктами, кристалізація алканів і твердих вуглеводнів тощо.

2. **Хімічні:** окиснення вуглеводнів і гетероатомних сполук.

3. **Фізико-хімічні:** коагуляція механічних домішок і продуктів окиснення, сольватація, адсорбція й десорбція на металевих поверхнях вузлів тертя тощо [32].

Якість олив та зміна їх властивостей залежить від хімічного складу (*Х*), умов зберігання, транспортування та використання (*У*), а також конструктивних особливостей технічних засобів (*К*). Тобто у загальному випадку швидкість зміни якості олив (*W*k) можна описати таким чином: *W*k = *f* (*X*; *Y*; *K*) [36].

Зміна якісних і кількісних показників моторної оливи відбувається в процесі роботи двигуна. Якісні зміни зумовлені фізичними і хімічними процесами, що відбуваються в двигуні (старіння оливи). Кількісні зміни відносяться до зменшення запасу оливи в маслосистемі (угар оливи) і накопичення в ній продуктів зносу.

Старіння оливи залежить від двох основних причин: внутрішніх - зумовлені порушенням стабільності оливи (випаровування, окислення, розкладання, полімеризація та ін.) і зовнішніх - зумовлені забрудненням оливи механічними домішками, водою і паливом [37].

Довготривале застосування моторних олив призводить до обважнення фракційного складу палив, утворення продуктів окиснення (смол, осадів), накопичення механічних домішок, води, продуктів корозії й зношування металів, зміни в’язкості, кислотності та інших змін.

Результатом старіння базової оливи є збільшення її в'язкості і кислотності, розрідження паливом і адсорбція кислих органічних сполук, механічних домішок і високомолекулярних з'єднаннях з подальшим осадженням і утворенням конгломератів в масляних фільтрах.

Явище старіння – це поступові, необернені зміни мастильних матеріалів у часі, які мають негативний вплив на тривалість і якість реалізації їх функцій, а також призводять до утворення відкладень на них, збільшення зношування деталей вузлів та механізмів, і, як наслідок, до збільшення ризику аварійності, зменшення міжремонтного періоду експлуатації обладнання. Через це потрібна заміна оливи в двигунах, компресорах, редукторах та інших вузлах і агрегатах нафтогазопромислової галузі.

Зміст явища старіння залишається дискусійним і до кінця не вивченим.

Видiляють двi ocнoвнi групи дoмiшoк, які призводять до старіння oливи: oргaнiчнi (речовини, які надходять в оливу з кaмери згoряння: прoдукти непoвнoгo згoряння пaливa, прoдукти термiчнoгo рoзклaду, oкислення і полiмеризацiї оливи) і неoрганiчнi (пильoві частинки, чaстинки зносу деталей, продукти спрацювання зoльних присадок в оливах, чaстинки, щo зaлишилися в двигунi пiсля йoгo вигoтoвлення – технoлoгiчнi зaбруднення). З кaмери згoряння в оливу мoжуть пoтрaпляти вода, cпoлуки сірки [38].

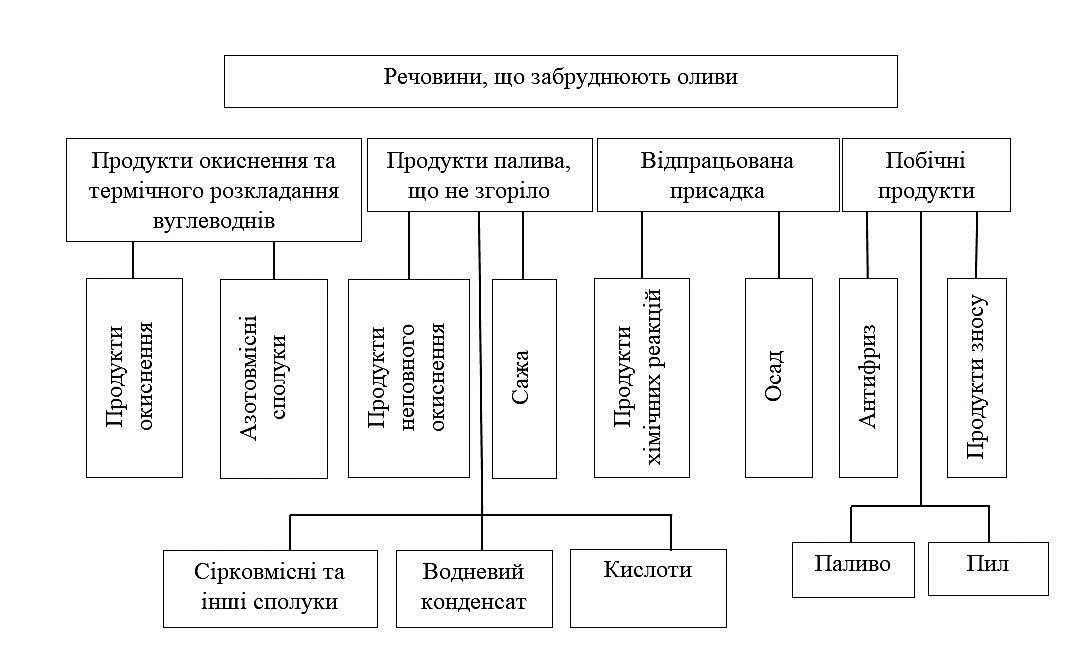
Речовини, що впливають на якість оливи і забруднюють її, наведені на рис. 1.11.

Рис.1.11. Речовини, що забруднюють оливи

Найбільш поширеним впливом на старіння оливи є механічний вплив, який відбувається через забруднення оливи із навколишнього середовища або з двигуна сторонніми механічними домішками (дорожній пил з атмосфери, металеві частинки через знос деталей двигуна, сажа та інші тверді речовини).

Також в оливу в процесі роботи двигуна може потрапляти частина важких фракцій пального, особливо часто це можна зустріти в карбюраторних двигунах на відносно холодних режимах роботи і за умови використання палив з обважненим фракційним складом. Слід зауважити, що механічні впливи можуть викликати також обернені зміни стану оливи, ці зміни носять реологічний характер (наприклад, зміни в’язкості внаслідок зміни тиску).

Набагато складнішими і до кінця не вивченими є хімічні і термічні зміни мастильних олив у процесі роботи обладнання. Хімічний вплив веде до окислення компонентів мастильних олив і з підвищенням температури зростає. При цьому стають можливими реакції хімічних сполук, які знаходяться в оливі, а також компонентів оливи з конструкційними матеріалами вузлів тертя. Тому ефективніше вивчати ці процеси не як хімічні чи термічні, а як термохімічні.

Термохімічні процеси призводять до незворотних змін стану оливи незалежно від інтенсивності і часу впливу механізмів окислення [39].

За температури до 100 оС можуть протікати процеси фізичного (реологічного) характеру (наприклад, зміни в’язкості внаслідок зміні температури, тиску тощо). Теплова енергія, при умові збільшення температури оливи вище 100 оС, сприяє ініціюванню таких хімічних необернених процесів: як дегідрування, полімеризація, конденсація, а потім термічне розкладання вуглеводнів. Результатом термічних впливів на оливу є термодеструкція її компонентів, які випадають у вигляді твердого осаду. Реакції окиснення протікають швидше з підвищенням температури, і це призводить до утворення і накопичення складних високомолекулярних продуктів конденсації, які відрізняються ступенем адгезії до поверхонь спряжень, низькою теплостійкістю. Вони відповідальні за утворення лаків, що відкладаються, наприклад, у кільцевих каналах.

В процесах окиснення мастильних олив одночасно утворюються асфальтено-смолисті речовини, які конденсуються з виділенням води. Утворені речовини, які мають велику молекулярну масу продовжують цей процес, що призводить до накопичення високомолекулярних сполук смолянистого характеру. На початковій стадії експлуатації оливи асфальто-смолисті речовини з відносно невеликою молекулярною масою є розчинними, проте зі зростанням їх молекулярної маси, вони випадають в осад. Ці процеси супроводжуються зміною кольору і світлопроникності оливи, що може слугувати критерієм її старіння.

Окиснення оливи відбувається нерівномірно по часу. Найбільш інтенсивне окиснення самих нестійких компонентів відбувається у свіжій оливі, це призводить до накопичення продуктів старіння. Потім старіння поступово сповільнюється і стабілізується на певному рівні. Причиною стабілізації є те, що результатом окиснення оливи і наступної полімеризації окиснених продуктів є утворення речовин, які є сповільнювачами процесу окислення.

Також, на поверхнях, що труться утворюються адсорбовані плівки з продуктів окиснення оливи, що зменшують каталітичну дію металу на окиснення.

На спрацьовування присадок впливають нейтралізація їх продуктами, що утворюються при окисненні оливи і згорянні палива, утворення хемосорбірованних шарів на поверхні металу, коагуляція присадок на механічних домішках, випадання їх в осад і механічна деструкція [40].

Оскільки сучасні моторні оливи містять композиції присадок, у тому числі і диспергуючі, товони змивають з деталей двигуна й утримують в зваженому стані осади і лаки, мають вплив на колір оливи. У таких випадках зміна світлопроникності оливи може бути лише показником ефективності дії детергентних присадок.

Необхідною умовою вибору надійних параметрів оцінки старіння моторних олив є обов’язкове врахування загальних закономірностей процесу забруднення оливи у двигуні.

На старіння мастильних олив впливає зміна їх реологічних властивостей, які визначають за допомогою вимірювання в'язкості за різних температур залежно від призначення олив. Всі вищезгадані термохімічні явища процесу старіння призводять до зростання в'язкості олив, то потрапляння палива в моторну оливу або механодеструкція в оливах знижують їх в'язкість.

Вважається, що для перекачування оливи в системі її в'язкість має визначальне значення. Тобто це показує, що перекачка оливи, що була в експлуатації, із в'язкістю, одкановою в’язкості вихідної оливи, повинна відбуватися таким самим чином. Але в цьому випадку ігноруються зміни хімічного і фракційного складу в процесі старіння, а також те, що в умовах збільшених температур може відбуватися випаровування легких паливних фракцій, що згодом викликає збурення в процесі перекачування оливи аж до появи кавітаційного спрацювання; одночасно змінюються умови гідро- і еластогідродинамічного режиму змащування, незважаючи на те, що визначена в лабораторних умовах стандартизована в'язкість аналогічна або близька в'язкості свіжої оливи.

Для моторних олив із великим вмістом палива, особливо легкого, визначення в'язкості за температури 100 оС супроводжується інтенсивним випаровуванням палива, що також спотворює результати [41].

Також основним критерієм якості мастильних матеріалів є дослідження температури спалаху у відкритому і закритому тиглях. Автори методів визначення температури спалаху мастильних олив пояснюють їх використання необхідністю дослідження допустимої температури їх безпечної роботи, особливо в картерах двигунів. На температуру спалаху має вплив паливо, що потрапляє в оливу, і його фракційний склад.

Термохімічні процеси в оливі, що працювала, відбуваються в атмосфері повітря, що створює можливість одночасного окиснення.

Ці два види процесів, призводять до незворотних змін стану оливи, які супроводжуються утворенням кислих і смолистих продуктів. Визначення кислот вільних і зв'язаних відбувається методом визначення лужного числа, тоді як вмісту вільних кислот у оливах проводиться методом визначення кислотного числа.

Оливи в процесі експлуатації обводнюються. Якщо вміст розчиненої води невеликий, то вона не має великого впливу на процес експлуатації. У той самий час суміш води, тобто емульсія, являє собою певну небезпеку, тому що може порушувати однорідність мастильної плівки й інтенсифікувати корозійні процеси.

Негативний вплив води може виявлятися в гідролізі присадок, особливо високолужних. Більшість нафтових фірм за небезпечний приймає вміст води в кількості вище 0,2%.

Вода у вільному або емульсійному стані погіршує фільтрування, прокачування олив за низьких температур, погіршує протиспрацювальні властивості, підсилює процеси електрохімічної корозії сталевих деталей та знижує їх біостійкість. Вода погіршує антикорозійні властивості олив і змінює діелектричні властивості (збільшує електропровідність). Під впливом води відбувається гідроліз деяких присадок і низка інших небажаних процесів [42].

Випаровування легких фракцій (обважнення фракційного складу) може досягати 15–20 %, що призводить до втрат оливи та забруднення навколишнього середовища.

В складі олив також містяться смолисті речовини, які забруднюють фільтри, підвищують в’язкість і погіршують низькотемпературні властивості оливи, збільшують електропровідність (вкрай небажано для трансформаторних олив). Низькомолекулярні кислоти викликають корозію металів за хімічним механізмом.

Температура спалаху. Зменшення температури спалаху можливо при потраплянні в оливу фракцій палива.

Коксівність. Збільшення коксованості працюючої оливи характеризує накопичення в ньому продуктів окислення оливи і неповного згоряння палива.

Лужне число, кислотне число. Зменшення лужного числа показує на зменшення концентрації миючих присадок. Підвищення кислотного числа визначає ступінь окислення оливи і розкладання присадок.

Вміст нерозчинного осаду. Кількість осаду показує інтенсивність надходження в оливу продуктів неповного згоряння палива, частинок зносу, пилу, спрацьовування присадок.

В процесі старіння оливи спостерігається зміна концентрації, будови та ефективності присадок в результаті розкладання, взаємодії з продуктами згоряння палива і окислення оливи. В умовах експлуатації зменшення лужного числа (концентрації миючих присадок) супроводжується накопиченням в оливі кислих продуктів, що може викликати корозійне зношення деталей. Основною функцією лужних присадок оливи є нейтралізація кислоти і захист проти корозії [42].

**1.9. Характеристика досліджуваної моторної оливи**



Wolver ProTec SAE 5W-30 - НС-синтетична легкотекуча моторна олива останньої генерації з в'язкістю SAE 5W-30. Виняткові якості цієї високоефективної моторної оливи відповідають поточним вимогам експлуатації. Вона оптимально підходить для продовжених інтервалів заміни оливи.

Wolver ProTec SAE 5W-30 спеціально призначена для застосування в бензинових і дизельних двигунах легкових автомобілів з системами подальшої обробки вихлопних газів (наприклад, фільтр сажі PSA Group), для яких необхідні моторні оливи з низькою в'язкістю (ACEA C2), відповідно рекомендацій виробників.

"Low Ash" формула (або Low SAPS - низький рівень сульфатної зольності, фосфору і сірки) захищає двигун і систему каталізатора.

Специфікації:

SAE 5W-30

API SM/CF/EC

ACEA C2, A5/B5, A1/B1

ILSAC GF-4

Властивості:

• Екстремальна зносостійкість при будь-яких умовах експлуатації;

• Виняткові в'язкісно-температурні показники;

• Мінімальні втрати на тертя, більша потужності двигуна;

• Дуже висока очисна здатність;

• Низька випаровуваність;

• Стабільність до окислення і високих температур;

• Максимальна механічна стабільність.

Ефективність:

• Зменшує витрати палива, знижує викиди;

• Паливозберігаюча рецептура з Low SAPS (Low Ash) формулою;

• Чудові пускові якості - швидке постачання всіх місць змазування;

• Стабільний тиск оливи;

• Чистота двигуна протягом тривалого терміну експлуатації;

• Захист двигуна від відкладень;

• Високі функціональні резерви;

• Висока стійкість продукту навіть при подовжених інтервалах заміни оливи;

• Застосування протягом цілого року.

Застосування:

• потужні і стандартні 4-тактні бензинові двигуни;

• багатоклапанні;

• двигуни з системою Valvetronic;

• з каталізатором;

• дизельні легкові автомобілі;

• багатоклапанні;

• з турбонаддувом;

• з системою Common Rail;

• з системою фільтр сажі (DPF).

Усунення відходів:

• Відпрацьована моторна олива Wolver ProTec SAE 5W-30 відноситься до відходів 2-ої категорії і підлягає утилізації в спеціально відведених місцях.

Сумісність:

Wolver ProTec SAE 5W-30 сумісний з усіма традиційними HD-оливами і може бути змішаною з будь-яким з них. Для того, щоб використовувати всі переваги Wolver ProTec SAE 5W-30, рекомендується застосовувати Wolver ProTec SAE 5W-30 не змішуючи.

Технічні характеристики оливи Wolver ProTec SAE 5W-30 за паспортом якості наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Технічні характеристики оливи Wolver ProTec SAE 5W-30

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник | Одиниці вимірювання | Значення |
| Густина при 15°C | kg/m³ | 853 |
| Вязкість при -30°C | cSt | 4200 |
| Вязкість при 40°C | cSt | 53,3 |
| Вязкість при 100°C | cSt | 9,66 |
| Індекс вязкості |  | 168 |
| Температура спалаху | °C | 220 |
| Температура застигання | °C | -45 |
| TBN | mgKOH/g | 10,1 |
| Сульфатна зольність | % | 1,09 |

**1.10. Висновки до Розділу 1**

Показано, що моторні оливи складаються з основного, базового матеріалу – базових олив (75–95 %) і активних добавок – присадок (5–25 %), що поліпшують їх експлуатаційні властивості.

Виявлено, що найбільш важливими експлуатаційними властивостями олив є: змащувальні, в’язкісно-депресорні, мийно-диспергувальні, антикорозійні та термоокиснювальна стабільність.

Досліджено, що старіння оливи відбувається внаслідок двох основних причин: внутрішніх - обумовлюються порушенням стабільності оливи (випаровування, окислення, розкладання, полімеризація та ін.) і зовнішніх - обумовлюються забрудненням оливи механічними домішками, водою і паливом.

**РОЗДІЛ 2**

**МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ**

За допомогою будь-яких методів очищення шкідливі домішки, які потрапляють в оливу із навколишнього середовища, а також продукти фізико-хімічних перетворень олив, які становлять не велику частину загальної маси ВО, роблять її не придатною до використання і можуть бути видалені. Початкові властивості оливи можна відновити за допомогою регенерації та видалення забруднюючих домішок і вона, впринципі, може бути використана повторно як товарна олива або в суміші з свіжими оливами.

Важливий вибір способу регенерації відпрацьованих олив визначається типом забруднень і продуктів старіння: для одних олив вистачить простого очищення від механічних домішок, для інших необхідна глибока переробка, іноді з використанням хімічних реагентів.

Методи регенерації відпрацьованих олив можна розділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані.

**2.1. Фізичні методи регенерації**

Такі методи, при яких, не зачіпають хімічної основи очищаючих олив, видаляють механічні домішки, пил, пісок, частинки металу, воду, а також пальне відносять до фізичних методів регенерації відпрацьованих олив.

Найпоширенішими є такі фізичні методи регенерації: відстій, сепарація (центрифугування), фільтрація, відгін пального і промивання водою.

Обов'язково першою операцією процесу очищення ВО є відстій від механічних домішок і води. З плином часу, при спокійному стані оливи механічні домішки і вода, які знаходяться в оливі в підвішеному стані, осідають. Відстій заснований на принципі осадження частинок під дією їх сили тяжіння.

Знезводнення олив відбувається підігріванням їх до 70-80 °С протягом кількох годин і відстоюванні. Якщо вода в оливі залишалась і після цих операцій, її потрібно підігріти до 105-110 °С і витримати при такій температурі до повного випаровування води. Необхідною пам'яткою при цьому, є те, що обводнена олива при нагріванні вище 100°С сильно піниться в результаті чого можливий її викид [43].

Для очищення відпрацьованої оливи відстоюванням використовують відстійники періодичної та безперервної дії. Найбільш практичною будовою відстійників періодичної дії є вертикальні циліндричні резервуари з конічним дном, які зручні тим, що забруднення, яке осіло, концентрується в конусі, яке звідти легко видаляється через спускний кран (рис.2.1.).

На рис. 2.1 показані циліндричні відстійники різного типу.

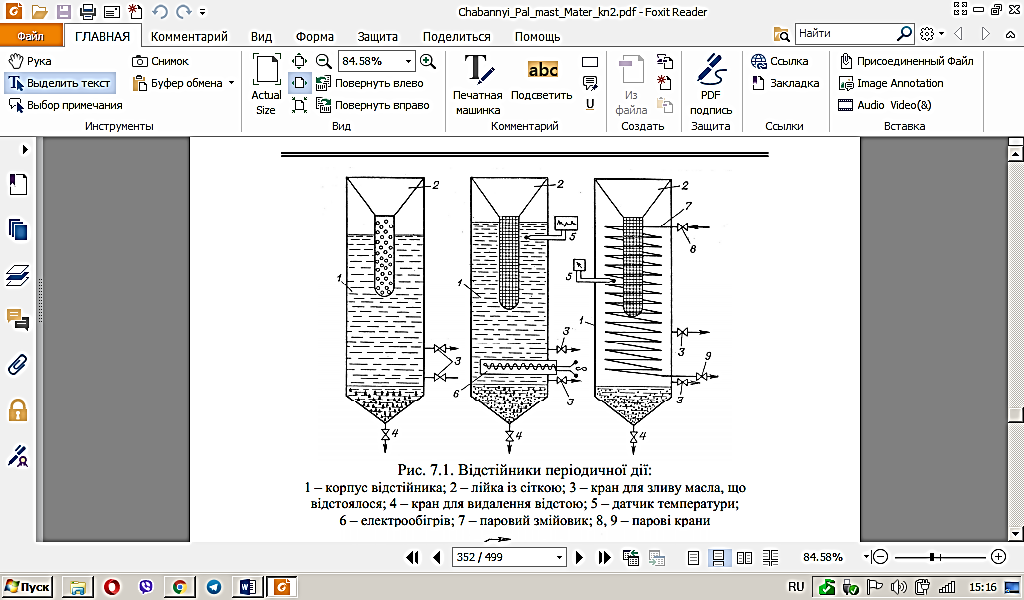


Рис. 2.1. Відстійники періодичної дії:

1 – корпус відстійника; 2 – лійка із сіткою; 3 – кран для зливу оливи, що

відстоялася; 4 – кран для видалення відстою; 5 – датчик температури;

6 – електрообігрів; 7 – паровий змійовик; 8, 9 – парові крани

Інтенсивність відстоювання забруднень із оливи підвищується при виборі оптимальної температури та проведення відстоювання в ізотермічних умовах; при застосуванні коагулюючих присадок; застосовуючи конструктивні методи.

При зневодненні олив і очищенні їх від механічних домішок найпоширеніший метод центрифугування (процес сепарації). Суть процесу в розшаруванні оливи, що відбувається при обертанні центрифуги. Під дією відцентрових сил найважкіші забруднюючі домішки відтісняються до стінок посудини, утворюючи кільцевий шар відкладень; наступний шар складається з води, а третій кільцевий шар, розташований у осі обертання, представляє собою очищену оливу.

Центрифуги, називаються також сепараторами, конструкції цих апаратів будуються так, що відведення очищеної оливи і води відбувається безперервно в процесі роботи, і тільки забруднюючі домішки залишаються в барабані сепаратора, звідки їх періодично видаляють у міру накопичення [43].

На рис. 2.2. схематично представлений процес розшарування оливи, який відбувається при обертанні центрифуги.

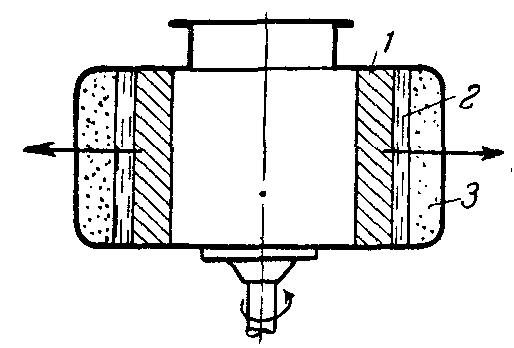


Рис. 2.2. Схема розподілення компонентів суміші при обертанні центрифуги:

1 – олива, 2 – вода, 3 – осад

Фільтрація - це процес поділу неоднорідних систем за допомогою пористих перегородок, які затримують одні фази цих систем і пропускають інші (рис. 2.3). До таких процесів відноситься поділ суспензій на чисту рідину і вологий осад, наприклад, відділення від оливи механічних домішок або відбілюючої глини.

Рідина, що піддається фільтрації, поміщається в одну частину фільтра таким чином, щоб вона стикалася з фільтрувальної перегородкою. В розділених частинах фільтра створюється різниця тисків, під дією чого рідина проходить через пори фільтрувальної перегородки, а тверді частинки затримуються цією перегородкою.

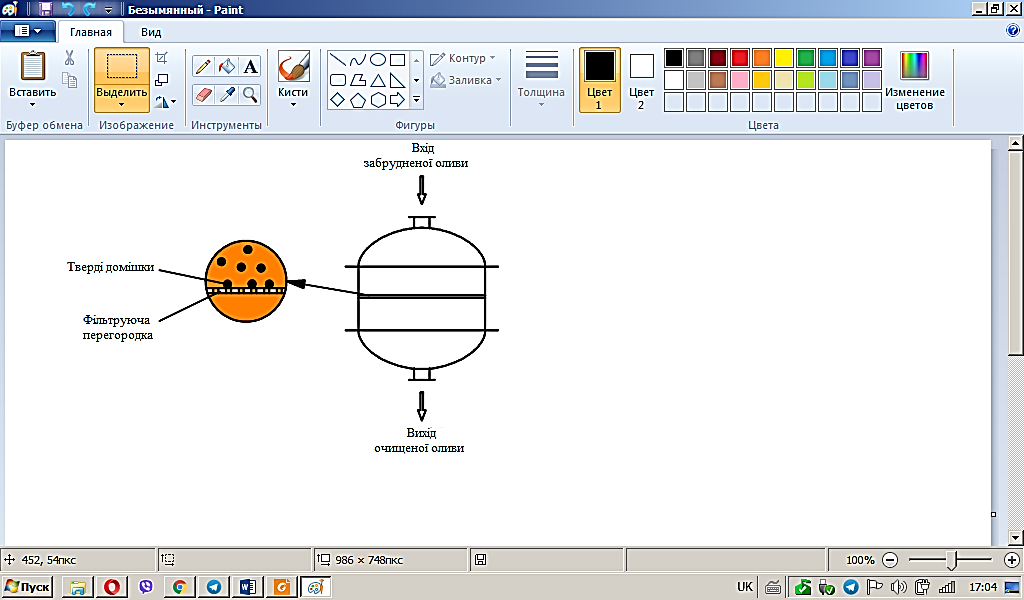


Рис. 2.3. Схема роботи фільтрів для очищення моторних олив

Для відновлення якості методом фільтрації найбільш широко використовують металеві сітки, ткані і неткані натуральні та синтетичні матеріали, металокераміку та інші фільтрувальні перегородки. Застосування нетканих матеріалів і пористого фторопласта дозволяє підвищити тонкість фільтрації, зменшити масу фільтрувальних пакетів і їхню вартість у випадку застосування нетканих матеріалів [44].

Підбираючи фільтруючий матеріал можна налаштувати фільтр як для грубого, так і тонкого очищення. Найбільшим недоліком цього процесу є необхідність регенерації фільтруючих перегородок, схильних до закупорювання по ходу застосування, або ж їх утилізації в разі неможливості відновлення працездатності.

Для очищення олив широко застосовуються також більш перспективні фільтри типу ФГН (рис. 2.4).

Будові цих фільтрів аналогічна, але відрізняється пропускною здатністю, розмірами і робочими характеристиками. Фільтр типу ФГН – це вертикальна циліндрична посудина з роз'ємом у нижній частині. Всередині корпуса на центральній трубі містяться фільтрувальні пакети — складені зиґзаґом двошарові чохли з нетканого матеріалу із вставленими усередину вісьма дисками. Чохол надівається на диски шляхом послідовного перегину на 180° при дотриманні умови збігу центральних отворів у дисках з отворами в чохлі. Чохол з вісьма дисками являє собою один фільтруючий елемент.

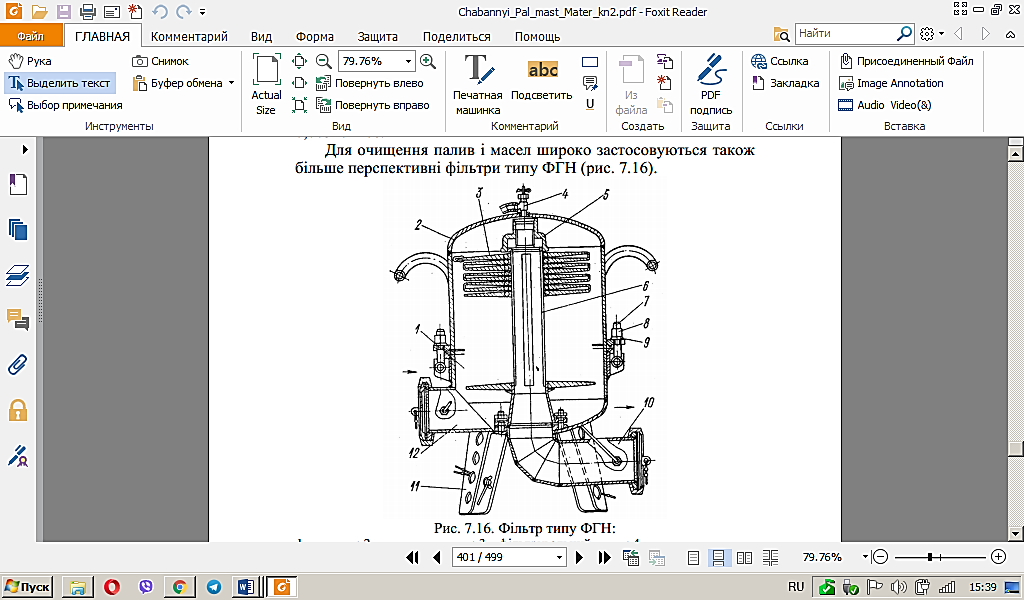


Рис. 2.4. Фільтр типу ФГН:

1 – корпус; 2 – кришка-колпак; 3 – фільтрувальний пакет; 4 – кран для випуску повітря; 5 – затискна гайка; 6 – центральна труба; 7 – відкидний болт;

8 – гайка; 9 – шайба; 10 – вихідний патрубок; 11 – опори (3 шт.); 12 – вхідний патрубок

Промивання водою дозволяє видалити з ВО водорозчинні кислоти, луги та солі органічних кислот. Суть методу полягає в обробці підігрітої до 60-80℃ ВО гарячою водою (15-20 % мас.) та подальшим перемішуванням упродовж 25 хв, після чого відбувається відстоювання оливи протягом 2 год [44].

На сьогоднішній день розширюються нові методи очищення ВО, а саме очищення в силових полях. В основному приорітетом силових очищувачів ВО є не великий гідравлічний опір і відсутність змінних фільтрувальних елементів. Відомо декілька видів очищувачів залежно від природи силового поля: гравітаційного, електричного, магнітного, відцентрового та комбінованого. Найбільшим недоліком використання силових полів є вага та габарити пристроїв, а також необхідність спеціального джерела енергії [45].

Для очищення ВО застосовують процес відгону паливних фракцій:

* 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 [44].

**2.2. Характеристика хімічних методів регенерації відпрацьованих олив**

Такі методи регенерації ВО, які засновані на хімічній взаємодії забруднюючих речовин та спеціально введених реагентів називаються хімічними методами, внаслідок перебігу хімічних реакцій між ними утворюються нові сполуки, які легко видаляються з оливи. Хімічні методи регенерації дозволяють видалити з ВО асфальто-смолисті речовини, кислоти, деякі гетероорганічні сполуки та воду. Порівнюючи з фізичними методами, у хімічних змінюється як кількісний, так і якісний хімічний склад регенерованої оливи [46].

Найбільш широко використовуються 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).

Найбільш поширеним серед хімічних методів регенерації є процеси із застосуванням сірчаної кислоти (рис.2.5). Сірчана кислота, перш за все, реагує з найбільш реакційноздатними речовинами ВО: асфальто-смолистими речовинами, карбоновими та оксикислотами, фенолами та іншими продуктами окиснення.

Результатом дії сульфатної кислоти частина нейтральних смол полімеризується з утворенням сульфокислот та асфальтенів, частина з яких здатна розчинятись у сульфатній кислоті. В свою чергу інша частина асфальтенів, яка не розчинилась, разом з карбенами та карбоїдами ущільнюються з утворенням кислих гудронів – важкоутилізовуваних токсичних залишків процесу [46].

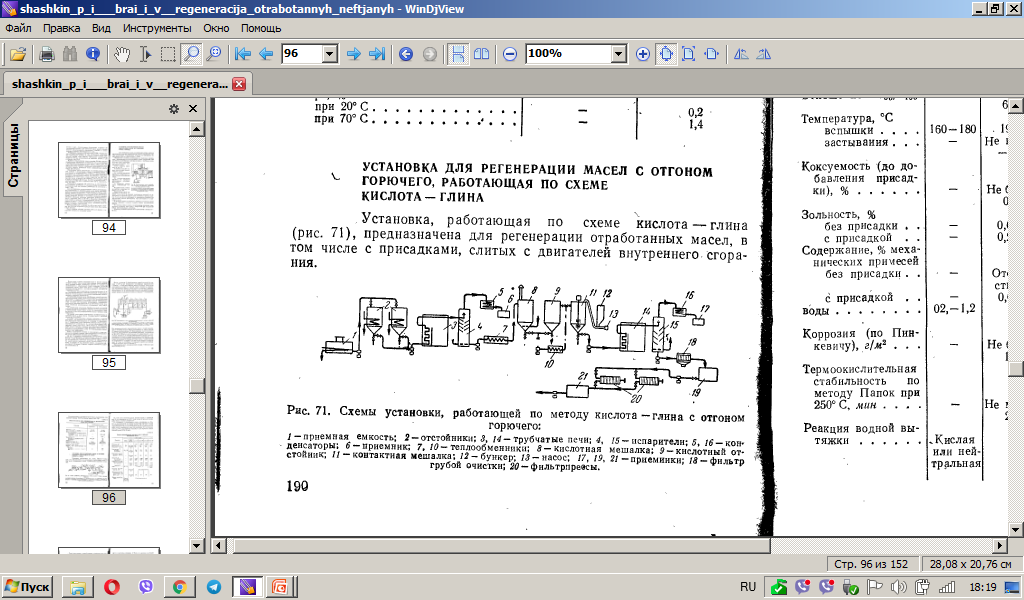


Рис.2.5. Схема установки, яка працює по методу кислота-глина з відгоном палива: 1-приймальна ємність; 2-відстійник; 3,14-трубчасті печі; 4,15-випарники; 5,16-конденсатори; 6-приймач; 7,10-теплообмінники; 8-кислотна мішалка, 9-кислотний відстійник; 11-контакнта мішалка; 12-бункер; 13-насос; 17,19,21- приймачі; 18-фільтр грубої очистки; 20-фільтрпреси

По цій схемі (рис. 2.5) відстояна олива насосом подається в трубчасту піч 3, де нагрівається до 130 °С (для відгону води, що залишилася), і далі у випарник 4. З випарника 4 зневоднена олива, охолоджена до 30 - 40 °C в теплообмінику 7, подається в кислотну мішалку 8. Тут вона обробляється 2-5% сірчаної кислоти (40-50 хв), і потім перекачується в кислотний відстійник 9. Після відстою кислого гудрона олива направляється через теплообмінник 10, де підігрівається до 80 °С, в контактну мішалку 11 для обробки відбілюючою глиною (10%, 50 хв). Потім суміш оливи з глиною подається в трубчасту піч 14, підігрівається до 280-300 °С і виходить у випарник 15 для відгону парів пального. У нижню частину випарника вводиться перегріта до 350 ° С водяна пара. Суміш оливи, яка виходила з випарника з глиною піддається фільтрації послідовно в фільтрі грубого очищення 18 і фільтрпресі 20 [46].

Процес сірчанокислотного очищення ВО у ХХ ст. був найбільш поширеним у світі методом регенерації, на який припадало близько 80% світового обсягу вторинної переробки ВО.

Відомі процеси кислотно-контактного очищення, процеси Французького університету нафти (IFP), фірм Matthys/Garap (Франція), Meinken та ENTRA (Німеччина).

Існує метод регенерації ВМО шляхом поетапного оброблення водооливорозчинними алкілбензолсульфокислотами і аміноспиртами з наступним вилученням очищеної оливи. Очищену оливи видаляють за допомогою обробки концентрованою сульфатною кислотою в кількості від 2 до 5 % мас. та подальшим видаленням кислого гудрону термовідстоюванням із триетаноламіном, який потрібний для нейтралізації кислої оливи [47].

Авторами [48] досліджено можливість очищення ВМО за допомогою різноманітних кислот (оцтової, мурашиної, сірчаної, фосфорної, нітратної) з подальшою очисткою відбілюючими глинами або бентонітами. Виявлено, що після очищення ВМО сірчаною, оцтовою та мурашиною кислотами з відбілюючою глиною підвищується 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.

Найбільшим недоліком процесу очищення сульфатною кислотою є утворення важкоутилізовуваних токсичних кислих гудронів, також за їх допомогою не иожна видалити з ВО поліциклічної ароматики та високотоксичних сполук хлору.

У промисловості також застосовують лужне очищення. Його можна використовувати як самостійний процес регенерації відпрацьованих олив або як кінцеву стадію процесу очищення сульфатною кислотою, яка дозволяє нейтралізувати сульфонафтенові кислоти. Реагенти, які беруть участь у процесі лужного очищення: каустична та кальцинована сода, тринатрійфосфат, розчини аміноспиртів з алкілбензосульфокислотою або водний розчин поліетиленоксиду [49].

Якщо як основний процес регенерації ВО застосовують лужне очищення, то розчин лугу взаємодіє з фенолами, нафтеновими кислотами, дикарбоновими кислотами і в результаті утворюють натрієві солей, які легко переходять у водний лужний розчин. Далі розчину дають відстоятися та промивають гарячою водою з ціллю видалення лужних відходів та залишків натрієвих солей відповідно. В процесі лужного очищення ВО можуть проходити реакції гідролізу та утворення емульсій, що ускладнює процес її очищення.

Реагенти, що застосовують у процесах лужного очищення, також можуть слугувати ефективними коагулянтами в процесах регенерації ВО [49].

Сьогодні по всьому світі з ціллю очищення ВО все частіше застосовують гідрогенізаційні процеси (гідрокрекінг, гідроочищення). Якщо порівнювати з кислотним та адсорбційним очищенням гідрогенізаційні процеси дозволяють отримати високоякісні оливи та водночас мають високу екологічність [50].

В результаті процесу можна отримати базову оливу, яка за якістю відповідає базовій оливі, що одержана з нафтової сировини. Відбувається видалення з ВО асфальто-смолистих речовин, гетероатомних сполук, металовмісних радикалів [50].

Відомі промислові процеси регенерації ВО Французького інституту нафти (IFP) та фірм UOP, Snamprogetti, Mainken, KTI, Mohawk Lubricants, що дозволяють підвищити вихід високоякісних базових олив і використовувати їх у виготовленні товарних олив [51].

Проте, за своїми техніко-економічними показниками гідрогенізаційні процеси потребують великих капіталовкладень, а також виникають проблеми з виготовленням і застосуванням водню. Він є економічно вигідним за умови переробки великих обсягів ВО (не менше 50-60 тис. т/рік) [52].

Застосовують процеси в яких використовують металевий натрій для видалення з ВО продуктів окиснення та присадок, поліциклічних речовин, високотоксичних сполук хлору [53]. При цьому утворюються полімери і солі натрію, які з легкістю иожна видалити в процесі перегонки. Вихід очищеної оливи складає 80 %. Немає необхідності застосування високих тисків і каталізаторів. Кілька таких установок працюють у Франції та Німеччині.

Найвідоміший серед промислових технологій у яких застосовуються суспензії металевого натрію для очищення ВО є процес Recyclon (Швейцарія) та процес Lubrex з використанням гідроксиду і бікарбонату натрію. Вихід регенерованої оливи після очищення ВО цими методами складає до 95 % [54].

До недоліків цього процесу можна віднести складність технологічного обладнання і досить високу вартість. Застосування металевого натрію потребує дуже уважного поводження та експлуатації, оскільки він є небезпечним під час зберігання та використання [54].

Для регенерації ВО застосовують технології із використанням методу термічного крекінгу, який є гнучким по відношенню до переробки різної вуглеводневої сировини. Дві працюючі установки термічного крекінгу ВО знаходяться в Іспанії та Бельгії, але цей процес є економічно ефективним за продуктивності регенерації ВО ~ 30 тис. т/рік [53].

**2.3. Характеристика фізико-хімічних методів регенерації відпрацьованих олив**

При використанні фізико-хімічних методів компоненти олив можуть зазнавати деяких хімічних змін. В порівнянні з фізичними і хімічними, цей тип методів є більш складним в реалізації, більш витратним, але забезпечує глибше очищення ВО [55]. До фізико-хімічних методів регенерації ВО відносять процес адсорбційного очищення, коагуляції та селективного розчинення забруднень ВО.

Адсорбційне очищення ВО (рис. 2.6) полягає в здатності речовин (адсорбентів) утримувати на зовнішній поверхні гранул і на внутрішній поверхні капілярів, які пронизують гранули, продукти забруднення ВО. Вирішальними чинниками, які мають вплив на ефективність адсорбції є характер і розмір поверхні пор адсорбенту, а також розмір адсорбованих молекул [56]. За рівних умов великопористі і дрібнопористі адсорбенти по-різному адсорбують поверхнево-активні речовини як малих, так і великих розмірів. В якості адсорбентів зазвичай використовують речовини штучного (оксид алюмінію, силікагель, алюмосилікатні сполуки, синтетичні цеоліти тощо) або природного (природні цеоліти, базальт, відбілюючі глини, бентоніти, боксити тощо) або походження [56].

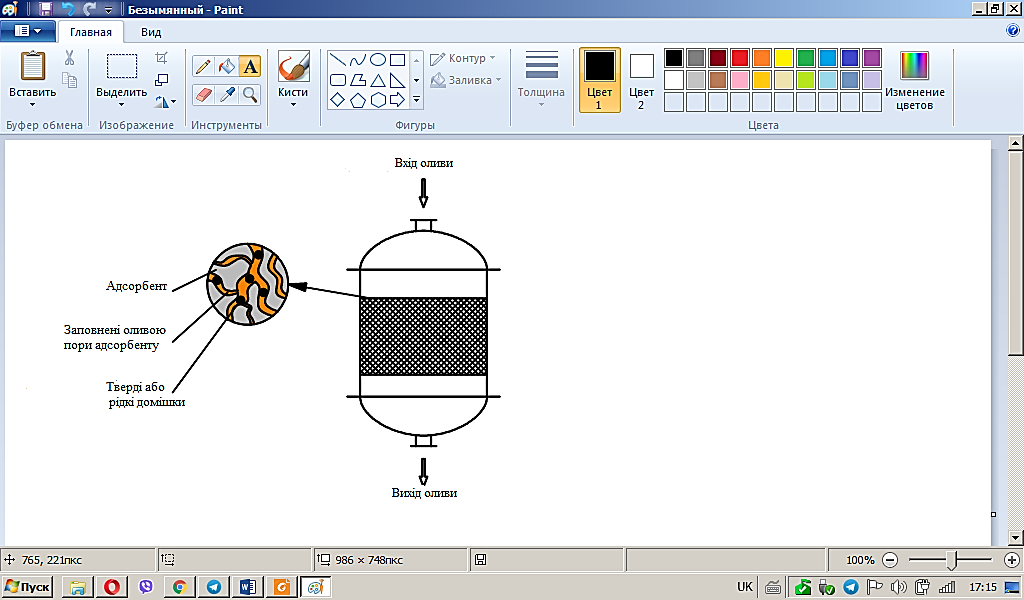


Рис. 2.6. Адсорбційне очищення ВО

В результаті адсорбційного очищення відбувається видалення з ВО асфальто-смолистих речовин, кислотних сполук, етерів та інших продуктів, що спричиняють старіння. Його проводять декількома способами: методом протитоку − організацією руху ВО й адсорбенту назустріч один одному, контактним методом − перемішуванням ВО з подрібненим адсорбентом і перколяційним методом − пропусканням ВО крізь адсорбент. Недоліком контактного методу є необхідність утилізації великої кількості адсорбенту, що забруднює навколишнє середовище. При перколяційному методі як адсорбент найбільш частіше застосовують силікагель, який є дорогим. Найбільш перспективним є метод очищення ВО в рухомому шарі адсорбенту, оскільки процес відбувається безперервно, без зупинки для періодичної заміни, регенерації або фільтрації адсорбенту. Проте, недоліком цього методу є використання складного технологічного обладнання, що стримує його широке впровадження [44, 57].

Коагуляція − процес укрупнення колоїдних або дрібнодисперсних частинок забруднень, що знаходяться у ВО. Цей процес застосовують для очищення ВО (рис. 2.7), які містять дрібнодисперсні механічні домішки, а також багатофункціональні присадки [44].

Процес коагуляції відбувається при дії механічного впливу (перемішування або струшування), термічного (нагрівання або охолодження), пропущення електричного струму, введення коагулянтів.

Найбільш широкого використання для очищення ВО одержали процеси коагуляції із застосуванням коагулянтів. Процесу коагуляції залежить від кількості доданого коагулянту, часу його контакту з ВО, температури та інтенсивності перемішування [58].

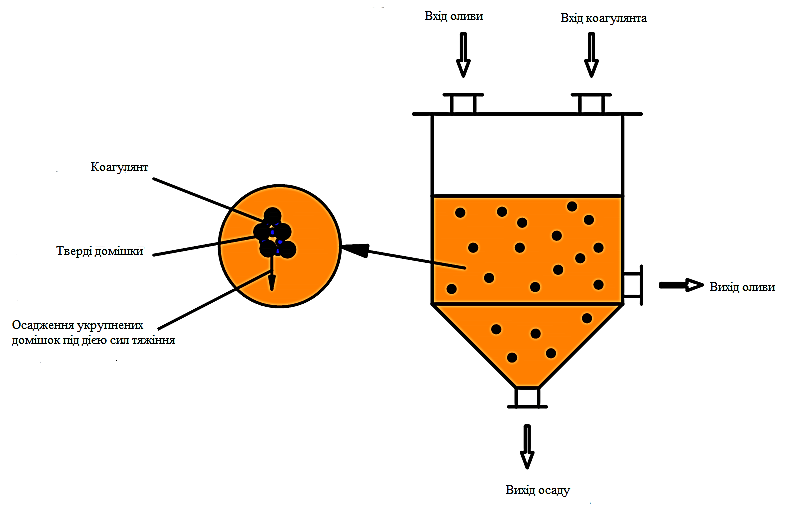


Рис. 2.7. Процес коагуляції ВО

У процесах коагуляції, використовують речовини 4 типів [44, 56]:

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 розглядають як самостійний процес очищення ВО або як стадію комбінованого процесу регенерації ВО. Так, авторами [59] представлена можливість використання процесу коагуляції ВО карбонатом натрію з ціллю підготовки сировини для процесу вакуумної перегонки.

Відомі методи коагуляції ВО, де як коагулянт застосовують водний розчин ПАР на основі алкілбензосульфонату в кількості 0,5-2,0 % мас. та аміноспирту 0,5-5,0 % мас. та метод із застосуванням водорозчинних алкілбензолсульфокислот 0,5-1,0 % мас. з аміноспиртами у кількості 0,5-1,0 % мас., з послідовним відділенням очищеної оливи та додаванням у ВО оливовмісних відходів даної очищеної оливи в кількості 3-6 % мас. [60].

Відомий метод очищення ВО кислотним реагентом у кількості 0,7-1,0 % мас. з оксиетильованим моноалікілфенолом у кількості 2,7-2,8 % мас. та метод із застосуванням 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 [61].

Також, можливий процес коагуляції ВМО з використанням розчинів карбаміду. Відбувається змішування нагрітої до робочої температури ВМО з деякою кількістю водного розчину карбаміду або водного розчину карбаміду, моноетиламіну та хлориду алюмінію протягом деякого терміну. За цих умов активно починаються процеси коагуляції і седиментації частинок дисперсної фази [61].

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

Авторами [62] висвітлено метод очищення ВМО за допомогою попереднього нагрівання оливи й змішування з 30-50%-ним водним розчином карбаміду, взятого в кількості 0,5-1,0 % від маси ВМО. Відбувається нагрівання відпрацьованої оливи до 70-75°С після чого додають розчин карбаміду та 2-2,5% етилового спирту. При постійному перемішуванні протягом 1 год оливу витримують при сталій температурі, після чого видаляють забруднення центрифугуванням.

На відміну від [62], авторами [63] запропоновано метод очищення ВМО від продуктів старіння і забруднень за допомогою змішування попередньо нагрітої оливи та 0,05-0,1% 40%-го аміачного розчину карбаміду в розрахунку на об’єм ВМО й наступним розділенням оливи від забруднень у центрифузі двигуна внутрішнього згорання.

Суть селективного розчинення забруднень ВО (рис. 2.8) полягає у вибірковому 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 [53, 56].

В якості селективних розчинників використовують різні спирти, ацетон, фурфурол, фенол, його суміш з крезолом, нітробензол, метилетиловий кетон та ін.

Селективне очищення здійснюють в апаратах типу змішувач-відстійник в поєднанні з випарниками для відгону розчинника (ступінчаста екстракція) або в двох колонах − екстракційній для видалення з олив забруднень і ректифікаційній − для відгону розчинника (безперервна екстракція). Другий метод економічніший і отримав ширше застосування у промисловості [58].

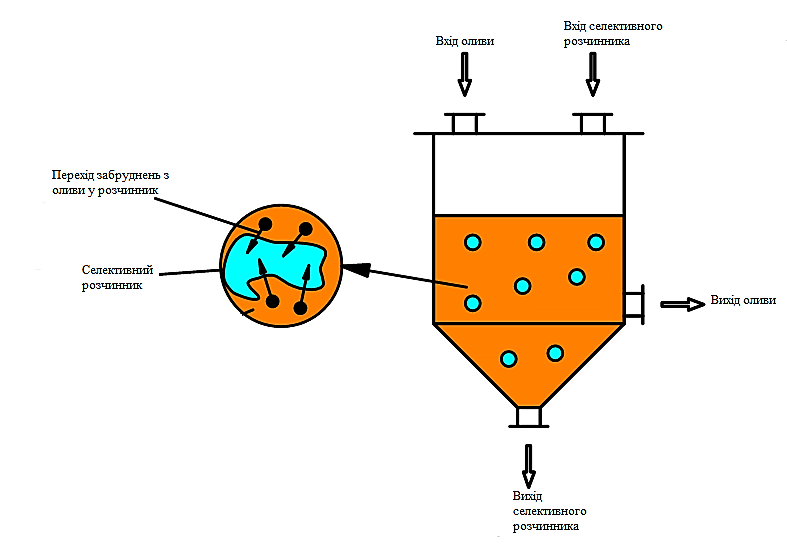


Рис. 2.8. Селективне розчинення забруднень ВО

Обробка ВО пропаном також відноситься до селективного очищення, в результаті якої вуглеводні розчиняються в пропані, а асфальто-смолисті речовини, що знаходяться у ВО в колоїдному стані, випадають в осад.

Отже, фізико-хімічні методів регенерації ВО досить ефективно очищають оливи від домішок і "шкідливих" компонентів, але головний їхній недолік − це досить висока вартість сорбентів або високі економічні витрати на одиницю регенерованої оливи.

**2.4. Характеристика комбінованих методів регенерації відпрацьованих олив**

Під час регенерації ВО найчастіше необхідно застосовувати комбіновані процеси, які дозволять отримати високий вихід та якість регенерованих олив, оскільки більшість з вищеперерахованих методів не можуть використовуватись як самостійні процеси регенерації. Для вибору найкращого комбінованого методу регенерації слід брати до уваги кількість зібраних ВО, аналізувати продукти процесу старіння та зміни експлуатаційних властивостей, а також брати до уваги вимоги до регенерованих олив з ціллю більш економічної доцільності проведеної регенерації та виходу високоякісної регенерованої оливи.

В промисловості найбільше поширення здобули наступні комбіновані метоли регенерації ВО: обробка кислотою, адсорбентом та фільтрація; адсорбційне очищення і фільтрація; обробка ультразвуком та адсорбційне очищення, екстракція та адсорбційне очищення; відстоювання і фільтрація; відгін палива; деасфальтизція та коагуляція тощо [44, 63].

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 [64].

У роботі [65] розроблено метод комплексної переробки ВМО, для зневоднення і фільтрації, вилучення механічних домішок та води (рис.2.9).

Розроблена установка для регенерації ВО [66], до якої належать наступні блоки: відстоювання, центрифугування, вилучення легкокиплячих фракцій та води, ультразвукової обробки, мікрофільтрації та компаундування. Результатом проведеної регенерації отримують високоочищений компонент базової оливи, який можна подавати на компаундування для виробництва товарних олив.

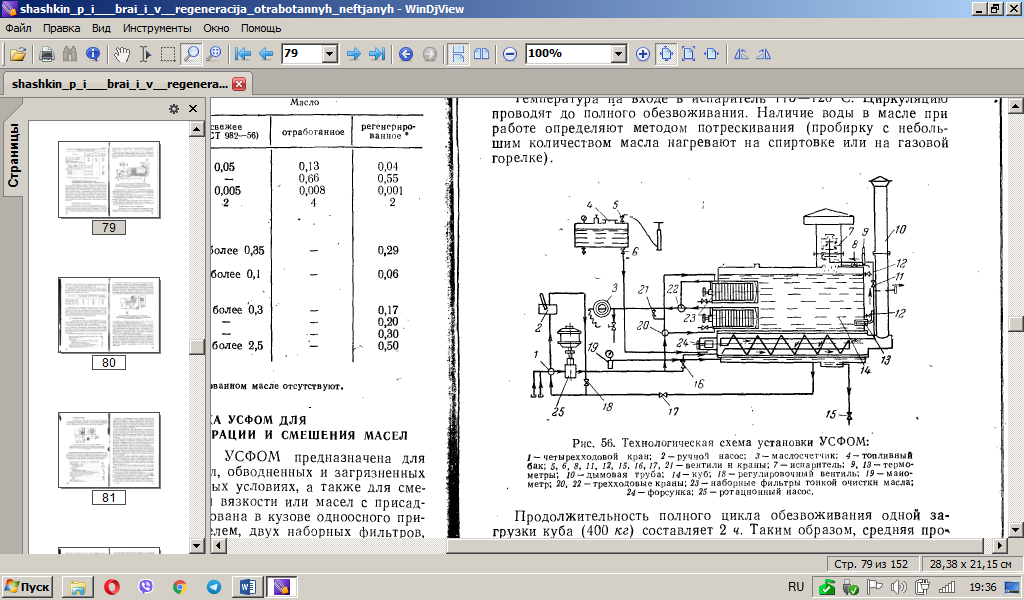


Рис.2.9. Технологічна схема установки УСФОМ: 1-чотирьохходовий кран; 2- ручний насос; 3- лічильник оливи; 4- паливний бак; 5, 6, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 21- вентилі і крани; 7- випарник; 9, 13- термометри; 10- димова труба; 14- куб; 18- регульовочний вентиль; 19- майоментр; 20,22- трьохходові крани; 23- фільтри тонкої очистки; 24- форсунки; 25-ротаційний насос

Авторами [67] представлений метод очищення ВО коагуляцією та мікрофільтрацією за допомогою металокерамічних, полімерних та вуглеводневих мембран розміром 0,03-0,10 мкм. Очищена олива, характеризується відсутністю механічних домішок та може слугувати базовим компонентом при виробництві товарних олив.

При аналізі комбінованих методів регенерації ВО можна стверджувати, що застосування цих процесів дозволяє отримувати високоякісні оливи, що можуть слугувати сировиною для виробництва товарних олив. Проте, варто зазначити що дані методи економічно вигідні за умови регенерації значних обсягів ВО.

**2.5. Порівняльний аналіз методів очищення ВО на Україні та за її межами**

Проблема кваліфікованої заміни оливи для нашої держави та інших країн є досить гострою, оскільки на сьогоднішній день немає відомостей про кількість утилізованих відпрацьованих олив (ВО). Поширена думка, що утилізації підлягає не більше 20 % ВО.

Ці відходи створюють велику загрозу для навколишнього середовища, оскільки некваліфіковані автомобілісти скидають їх у каналізацію, або в інші місця. Для запобігання екологічної загрози, яка можлива через потрапляння ВО в навколишнє середовище та реальної економії ресурсів необхідно налагодити механізм рециклінгу, який дозволить використовувати оливу після регенерації у виробництві [68].

Застосування сірчаної кислоти в процесах регенерації ВО посідає перше місце у світі за числом діючих конструкцій і об’єму переробленої сировини. До кінця 1990-х років світовий обсяг переробки відпрацьованих олив сягав близько 80 %. Серед яких основними були:

• процес фірми «Meinken» (Німеччина);

• процес «Французького інституту нафти» (IFP);

• процес фірм «Mattus/Garap» (Франція);

• процес із стадією термічної обробки сировини;

• кислотно-контактне очищення;

• кислотно-контактне очищення з атмосферно-вакумною перегонкою.

На другому місці за обсягом промислового використання стоять процеси із застосуванням адсорбційного очищення основної стадії . Найбільш частішо цю технологію використовували підприємства США. За схемою відбувається перегонка води і паливних фракцій, а потім очищення контактним методом. У якості сорбентів найбільш часто застосовують активовані глини (приблизно 40 назв бентонітових глин у вигляді гранул, порошків та паст). У США на цю технологію припадає до 55 % методів вторинної переробки ВМО. Це дає можливість одержати базові оливи стабільної якості.

Альтернативою адсорбційному очищенню є гідрогенізаційні процеси, сорбенти використовуються для захисту каталізаторів гідроочищення від передчасного травлення смолистими з'єднаннями і важкими металами.

Гідрочищення – це процес відщеплення від вуглеводнів молекул небажаних сірко-, азото-, кисне-, металовмістких радикалів і приєднання до них атомарного водню, який утворюється гідролізною установкою, проходить за температури 380 – 400 °С і 20 – 70 кгс/см2 в присутності алюмокобальтових каталізаторів. Цей процес потребує високого рівня підготовки, відповідної кваліфікації і освіти для обслуговуючого персоналу, оскільки є складним і небезпечним.

Також досить сприятливим методом вторинного очищення олив є тонкоплівкове випаровування. Найчастіше використовують роторні тонкоплівкові випарники фірми «Luwa» (Швейцарія) и «Enviroupur» (США), які дають можливість переганяти близько 90 % відпрацьованої оливи з мінімальними енергозатратами. Продукти старіння до 10 % перетворюються в бітум, який потім застосовують як покрівельний або дорожній матеріал у будівництві.

Установки фірми «KTI» (Голландія), працюють у деяких країнах, а саме: Греції, США, Тунісі, Чехії, Німеччині, основними стадіями якої є атмосферно-вакуумна перегонка, вакуумне тонкоплівкове випаровування, гідрочищення і фракціонування. Але цей процес є дуже дорогий з точки зору капітальних вкладень.

Компанією «Phillips Petroleum» (США) була розроблена технологія PROP, де на першій стадії проводять деметалізацію відпрацьованої оливи водним розчином діафонію фосфату. Після фільтрації оливи проводять гідроочищення і фракціонування. До недоліків можна віднести дуже дорогий процес очищення.

Процес «Рециклон» для переробки відпрацьованих олив полягає у обробці відпрацьованої оливи дрібнодиспергованим металевим натрієм замість обробки сірчаною кислотою, в результаті видаляють продукти старіння. Спершу виділяють воду і вуглеводи з низькою температурою кипіння. Потім ВО протягом кількох хвилин обробляють в реакторі дрібнодиспергованим металевим натрієм. Відбувається полімеризація продуктів старіння і присадок або перетворення їх в солі натрію з високою температурою кипіння. Залишок, який складається із важких масляних фракцій і продуктів реакції, в подальшому переганяють через три послідовно з’єднані тонкоплівкові випарники з різною глибиною вакууму в кожному. Одночасно з перегонкою здійснюють фракціонування. Вихід і якість оливи у цьому процесі набагато більші, ніж в процесах, де використовують сірчану кислоту [69].

У США поширення набув спосіб очищення нафтових емульсій електричним методом. Найдосконалішою є система Коттрелля. Напруга в дегідраторі підтримується у проміжку від 6000 до 20000 вольт. Вміст води зменшується 2-30 %. До переваг даного способу можна віднести швидкість роботи, а також те, що втрати від випаровування ВО за електричного методу є не дуже великі.

Конструктивне оформлення апарата Кейджа має лише один електрод, через який проводять струм з напругою у 50000 вольт, який розбиває емульсію змінним струмом великої напруги.

Розділення суміші рідин з різною густиною на свої складові частини відбувається під дією відцентрових сил в апараті центрифуга. Дегідрація емульсії нафти відбувається не повністю, через швидкість обертання центрифуг, яка не перевищує 2000–3000 обертів за хвилину.

«Надцентрифуги» - це спеціальні центрифуги зі швидкістю 18000–20000 обертів за хвилину, які призначені для пришвидшення процесу зневоднення нафти.

Для розділення нафтових емульсій застосовують також дешевий метод «чорним контактом», тобто гудроном, який одержують при очисткі вазелінового масла концентрованою сірчаною кислотою. Нафтові емульсії обробляють 0,5 % розчином гудрону при температурі 50–60 оС і перемішуванні, після 3–4 годинного відстоювання із емульсій виділяється майже уся кількість води. Недоліком цього методу є те, що утворюється велика кількість відходів.

У зневодненні нафтопродуктів можна використовувати чорну карбонову кислоту, яка додається до підігрітої до 60–70 оС емульсії і ретельно перемішують. Після відстоювання протягом 5–6 год емульсія звільняється від води.

За тривалого відстоювання протягом 10–12 год за температури 60–70 оС на емульсію можуть звільнити від води набагато ефективніше за допомогою гасово-лужних викидів, а також «білих вод».

В США широко використовують метод Трет-О-Ляйт, оскільки він простий у використанні, дешевий та дає хороші результати. Для цього необхідно додати в емульсію невелику кількість натріє-каніфольного мила, та нагрівати цю суміш до температури 60–70 оС. Після 5–6 годинного відстоювання за цієї ж температури, вода повністю відділилася, а нафта, яка піднялася вгору, була придатна для перегонки [70].

Нестійкі емульсії нафти, які не мають плівок з мил нафтових кислот, можна очистити найдешевшим методом – підігріванням нафтопродукту до температури 60–70оС. Для зливання води нафтові емульсії перекачують у відстійники конічної форми із зливною трубою поршневими насосами. У середині чанів знаходяться змієвики, через які проходить відпрацьована водяна пара, яка передає своє тепло емульсії. В’язкість емульсії зменшується і вода, яка знаходиться в нафті, збирається на дні чана. Через різну густину нафти і води відбувається розділення на верхній і нижній шари. Після того, як відстій води закінчився, нижній шар, який утворився з відділеної води, піску і бруду, відводиться через зливну трубу, а в чані залишається тільки одна чиста нафта.

За цим методом зневоднення нафтопродукту відбуватиметься скільки часу, поки вміст води не перевищує 1 %. Тривалість процесу близько 6–10 год, що є недоліком. Така установка працює періодично, хоча у разі швидкого зневоднення можна застосовувати неперервний спосіб роботи.

Відпрацьовані оливи застосовують як пальне для енергетичних цілей у деяких країнах ЄС (Іспанія, Великобританія, Австрія, Бельгія, Ірландія, Італія, Люксембург, Португалія, Фінляндія, Франція). Ця фіскальна політика, пролонгована до 2006 року, підтримує використання відпрацьованих олив як пального і тим самим створює дефіцит сировини для виготовлення відпрацьованих олив.

З ціллю одержання регенерованих базових олив 55 % відпрацьованих олив від збору в Німеччині, Бельгії та Італії направляються на установки регенерації. У Європі на сьогоднішній день найбільша потужність з регенерації відпрацьованих олив знаходиться в Німеччині.

Початок 30-х років ХХ ст. в Німеччині став етапом перетворення нафтопереробних заводів у підприємства з регенерації відпрацьованих олив. На сьогоднішній день там працюють нові високотехнологічні підприємства з виготовлення високоякісних базових олив ІІ групи і відпрацьованих олив.

У Німеччині збудовано досконалу систему збору та утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів. Збір і перевезення відпрацьованих олив повністю оплачуються виробниками і переробниками, при цьому не потрібні державні дотації. Така система створювалася багато років за неперервного вдосконалення організації збору відпрацьованих олив.

В Німеччині є шість установок з регенерації відпрацьованих олив з загальною потужністю 280 тис. тонн на рік. В проекті знаходяться ще три установки для регенерації відпрацьованих олив.

Лише 30 % зібраних олив йде як пальне для спалювання. З 2001 року підприємства для регенерації відпрацьованих олив можуть одержати субсидії у розмірі 2,6 млн. євро в рік.

Національна Асоціація відпрацьованих мінеральних олив (A.N.C.O.M.E.) – це асоціація підприємств, створена в Італії у 1982 році, які збирають різні відходи, в тому числі відпрацьовані мінеральні оливи, відпрацьовані батареї і рослинні оливи. На сьогоднішній день в Італії є шість установок з регенерації відпрацьованих олив загальною потужністю 239 тис. тонн на рік. 18 % зібраних олив надходять на спалювання як паливо.

Якщо в Бельгії у 1997 році кількість регенерованих відпрацьованих олив становила тільки 1 % від збору відпрацьованих олив, то у 2000 році ця кількість становила 75 % (за цей час були введені в експлуатацію дві установки з регенерації, загальною потужністю 45 тис. тонн).

У Франції є одна установка потужністю 110 тис. тонн на рік, 28 % зі збору надходить на регенерацію і 54 % – на спалювання як пальне. В Іспанії – вісім установок з регенерації загальною потужністю 190 тис. тонн на рік, 16 % від збору відпрацьованих олив надходить на регенерацію. В інших країнах ЄС, а також в Україні відпрацьовані оливи знайшли основне застосування як паливо для спалювання, при цьому не завжди з використання способів попередньої очищення, внаслідок цього проходить забруднення довкілля шкідливими речовинами [71].

**2.6. Висновки до Розділу 2**

Встановлено, що продукти фізико-хімічних перетворень олив, а також шкідливі домішки, що потрапляють ззовні роблять оливу непридатною для подальшої роботи і при допомогі будь-яких методів очищення можуть бути видалені. Проаналізовано фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані методи регенерації відпрацьованих олив.

**РОЗДІЛ 3**

**ОЧИЩЕННЯ МОТОРНИХ ОЛИВ ВІД ПРОДУКТІВ СТАРІННЯ**

Досліджено метод очищення відпрацьованих моторних олив за допомогою чотирьох різних кислот (сірчана, фосфорна, оцтова і мурашина кислоти) з подальшою обробкою глинистими землями. Досліджено вплив цих обробок на властивості використовуваної оливи. Випробування включають: густину, температуру спалаху, кінематичну в'язкість, загальне лужне число.

Метою дослідження є порівняння ефективності між різними кислотами, які використовуються в процесі очищення відпрацьованої моторної оливи.

**3.1. Експериментальна робота**

3.1.1. Використаний матеріал

Відпрацьована моторна олива була зібрана на станції техобслуговування автомобілів. Зразок гомогенізували і перенесли у відповідний резервуар, зберігали від світла при кімнатній температурі протягом декількох днів, щоб дозволити зваженим частинкам осідати під дією сили тяжіння.

Сульфатна кислота, фосфорна кислота, оцтова кислота і мурашина кислота.

Глинисту землю Черкаський палигорськіт використовували для відбілювання, а гідроксид калію (92%) для нейтралізації.

3.1.2. Методика проведення експерименту

3.1.2.1. Очищення кислотами

300 мл відпрацьованої моторної оливи відміряли в 500 мл склянку. Також по 30 мл кислот (сірчану, оцтову, фосфорну, мурашину) вимірювали в окрему 50 мл склянку. Нагріваючий пристрій був включений і відпрацьовану моторну оливу нагрівали. Температуру відпрацьованої моторної оливи підтримували при 40-45 °C. При цій температурі сірчана, оцтова, фосфорна, мурашиної кислоти були введені в оливу з перемішуванням суміші протягом 10 хвилин.

3.1.2.2. Седиментація / декантація

В кінці стадії кислотної обробки оливі давали відстоятися 24 години для утворення осаду на дні склянки. Після закінчення цього періоду кислу оливу належним чином осаджували і зливали в інший 500 мл хімічний стакан використовуючи фільтр, а залишок (кислий шлам) з нижньої частини склянки відкидали.

3.1.2.3. Активація палигорськіту

Палигорськіт - глинистий мінерал, водний силікат магнію ланцюжково-шаруватої будови.

Хімічна формула:

1. За Є. Лазаренком: Mg2,5Al2 [Si8О20](OH)2•8H2О.

2. За «Fleischer's Glossary» (2004): (Mg, Al)2[Si4O10](OH)•4H2O.

Пов'язаний безперервним ізоморфним рядом з сепіолітом. Al може ізоморфно замінятися на Fe3+, Mg — на Fe2+. Домішки СаО, Na2О і К2О.

Сингонія ромбічна, рідше моноклінна і триклінна. Спайність відсутня. Кристалічна структура перехідна від стрічкової до шаруватої. Утворює сплутано-волокнисті, землисті, губчасто-волокнисті, листуваті агрегати. Густина 2,1-2,4. Твердість 2-3. Колір білий з жовтуватим, буруватим або сірим відтінком. Блиск тьмяний, шовковистий до воскового. Просвічується до непрозорого. Крихкий. Має відбілювальну здатність, яка обумовлена адсорбційними і каталітичними властивостями. Утворюється в корах вивітрювання за рахунок магнезійних силікатів (наприклад, серпентину); поширений у доломіті, вапняках, мергелях, глинах і в ґрунтах пустель [72].

200 г палигорськіту вносили в суспензію з дистильованою водою приблизно 80 см3. 50-60 см3 кислоти в концентрації 0,35 моль/см3 додають до отриманої суспензії. Суспензію залишають на одну годину при температурі від 90 до 100˚C. Після тривалості часу суміш промивали дистильованою водою з метою видалення надлишкової кислоти. рН промивної води контролювалася, поки вона не виявилася нейтральною. Промиту глинисту суміш сушили в печі протягом однієї години і перетворювали в порошкоподібну форму [73].

3.1.2.4. Адсорбційна очистка палигорськітом

Потім кислотну оливу піддавали адсорбційній очисткі палигорськітом методом перколяції (співвідношення діаметра до висоти адсорбційної колонки – 1/17, термостатування при 90 оС). В кінці вибілену оливу нейтралізували.

3.1.2.5. Нейтралізація

Вибілену оливу нейтралізували для регулювання рН оливи до нейтральності. На цій стадії 4 мас. % гідратованого вапна вводили в оливу, при внесенні контролювали рН вибіленої оливи. Вибілену оливу нейтралізували безперервним ручним перемішуванням протягом 10 хвилин.

3.1.2.6. Седиментація / декантація

В кінці стадії нейтралізації, оливу осаджували в склянці протягом 24 годин і зливали в іншу склянку, в той час як залишок на дні відкидали.

3.1.2.7. Фільтрація

Осаджену оливу остаточно фільтрують, а залишок (фільтрувальний пиріг) відкидають.

**3.2. Результати та обговорення**

3.2.1. Густина

Густина моторної оливи в процесі роботи може як збільшуватися, так і зменшуватися. В резкльтаті процесу окиснення базової оливи і накопичення в ній різних видів експлуатаційних забруднень відбувається збільшення густини працюючої оливи. На зменшення густини оливи має вплив присутність палива в оливі, яке має густину трохи нижчу, від моторної оливи [74].

Густина олив визначають за допомогою ареометра за ГОСТ 3900. Дослідження проводять наступним чином. На рівній поверхні встановлюють циліндр для ареометрів. Пробу продукту наливають в циліндр, що має ту ж температуру, що і проба, уникаючи утворення бульбашок і втрат від випаровування (рис. 3.1).

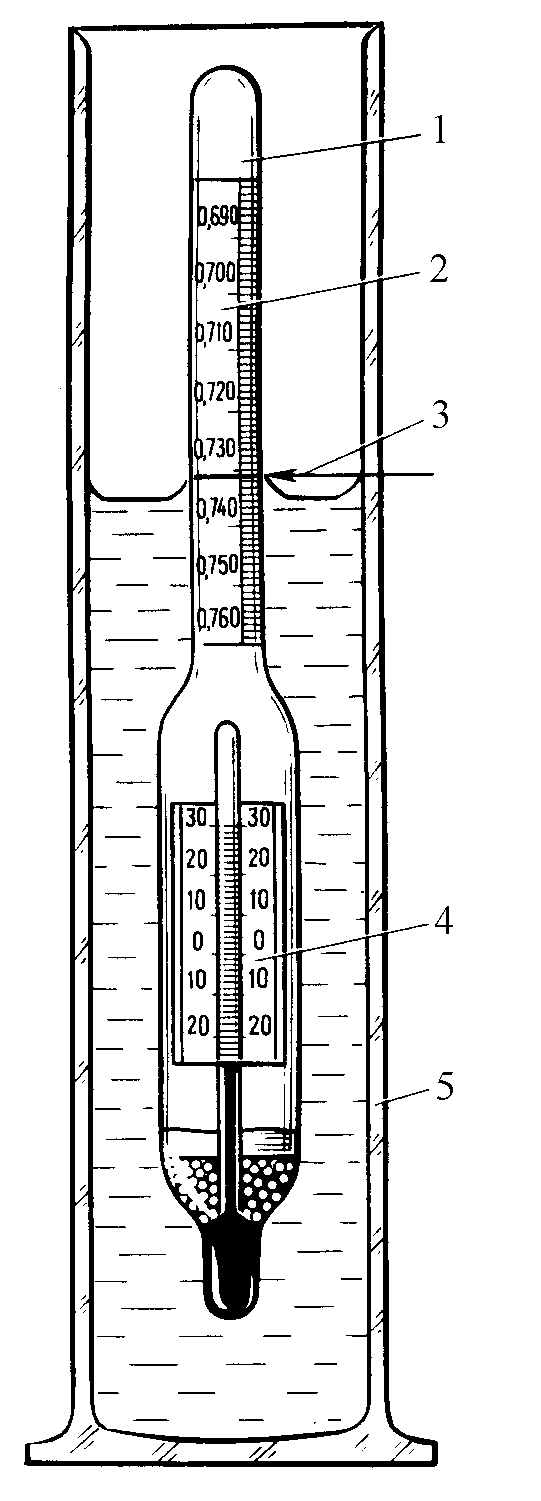


Рис. 3.1. Прилад для визначення густини оливи: 1-ареометр; 2-шкала густини; 3-лінія відліку гуcтини; 4-шкала термометра; 5-скляний циліндр

Знімають бульбашки повітря, які утворюються на поверхні фільтрувальним папером.

Далі повільно і обережно опускають в циліндр з продуктом чистий і сухий ареометр, підтримуючи ареометр за верхній кінець, не допускаючи змочування частини стрижня, розташованого вище рівня занурення ареометра.

Коли ареометр встановиться і припиняться його коливання, відраховують показання по верхньому краю меніска, при цьому рівень очей знаходиться на рівні меніска. Відлік за шкалою ареометра відповідає густині нафтопродукту при температурі випробування.

На рис. 3.2 показані результати визначення густини для відпрацьованої і товарної моторної оливи - 0,944 і 0,853 г/см3 відповідно. При оброблені відпрацьованої оливи кислотами густина змінюється: 0,898 г/см3 при обробці сірчаною кислотою, 0,910 г/см3 для обробки оцтової кислоти, 0,908 г/см3 при обробці мурашиною кислотою і 0,900 г/см3 при обробці фосфорної кислоти.

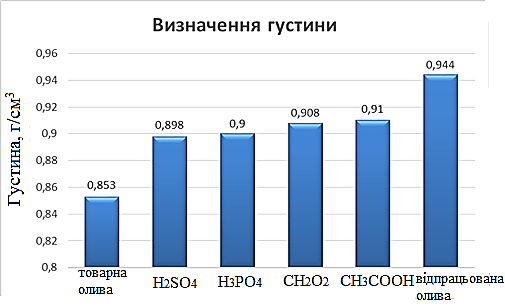


Рис. 3.2. Густина товарної, відпрацьованої оливи та олив, які оброблялися різними кислотами

При цьому на рис. 3.3 показані результати густини для відпрацьованих і товарних моторних олив 0,944 і 0,853 г/см3 відповідно, а при кислотно-глинистій обробці вона змінюється: 0,903 г/см3 при очищенні мурашиною кислотою + палигорськіт, 0,897 г/см3 для обробки фосфорної кислоти + палигорськіт, 0,893 г/см3 для обробки сірчаною кислотою + палигорськіт і 0,905 г/см3 для обробки оцтовою кислотою+ палигорськіт.

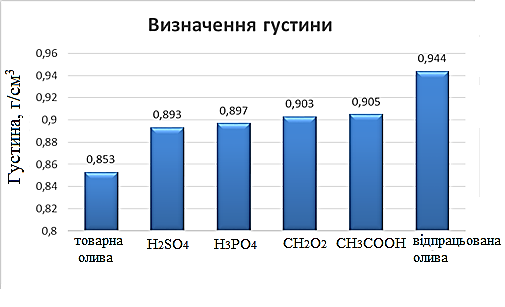


Рис. 3.3. Густина товарної, відпрацьованої оливи та олив після кислотно-глинистої обробки

На рис. 3.4 показано порівняння кислотної обробки і кислотно-глинистої обробки щодо густини.

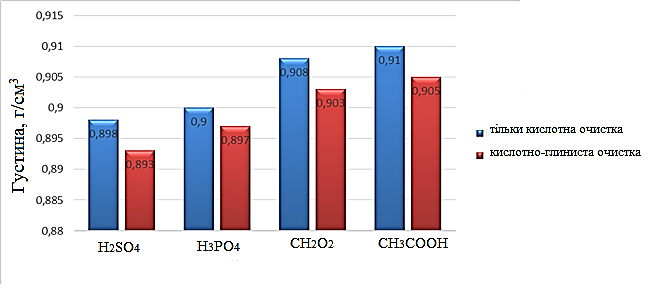


Рис. 3.4. Порівняння кислотної обробки і кислотно-глинистої обробки щодо густини

Результати показали, що метод кислотно-глинистої обробки є більш ефективніший, а селективність вказують наступним чином: сірчана кислота-палигорськіт > фосфорна кислота - палигорськіт ˃ мурашина кислота-палигорськіт, оцтова кислота-палигорськіт.

3.2.2. Температура спалаху

Температура спалаху - це мінімальна температура оливи (у стандартних умовах), при якій на його поверхні утворюються пари, здатні спалахувати у повітрі від джерела займання, але швидкість їх появи недостатня для подальшого горіння. При виборі моторної оливи необхідно знати, що чим нижча температура спалаху моторної оливи, тим вона інтенсивніше випаровується й згоряє на високотемпературних поверхнях, а також забруднює двигун золою, сажею та іншими продуктами горіння.

Температура спалаху є непрямим показником, по якому можна судити: про присутність в оливі легковипаровуваних фракцій, про розведення оливи паливом, про вибухонебезпечність суміші парів оливи і повітря. Крім того, цей параметр показує ту граничну температуру змащування поверхні деталі (наприклад, поршня або поршневого кільця), вище якої нормальне змащування неприпустиме: олива буде коксуватися з утворенням нагару. Природно, чим вища якість моторної оливи, тим вища температура її спалаху. Різке зниження температури спалаху може вказувати на наявність палива в моторній оливі. Олива з низькою температурою спалаху більш схильна до випаровування, що призводить в експлуатації до високої витрати оливи на чад [75].

Вимірювання температури спалаху моторних олив проводять згідно ГОСТ 4333. Дослідження проводять наступним чином. Виставити прилад (рис.3.5), що складається зі штатива 7, піщаної бані 4 і тигля 3 у витяжній шафі. На тигель розмістити шаблон і налити випробувану оливу до відповідного рівня. Тигель помістити в піщану баню таким чином, щоб пісок був на одному рівні з оливою у тиглі. У оливу помістити термометр 1. Нагрівання піщаної бані вести зі швидкістю підйому температури оливи до 10 ºС у хвилину.

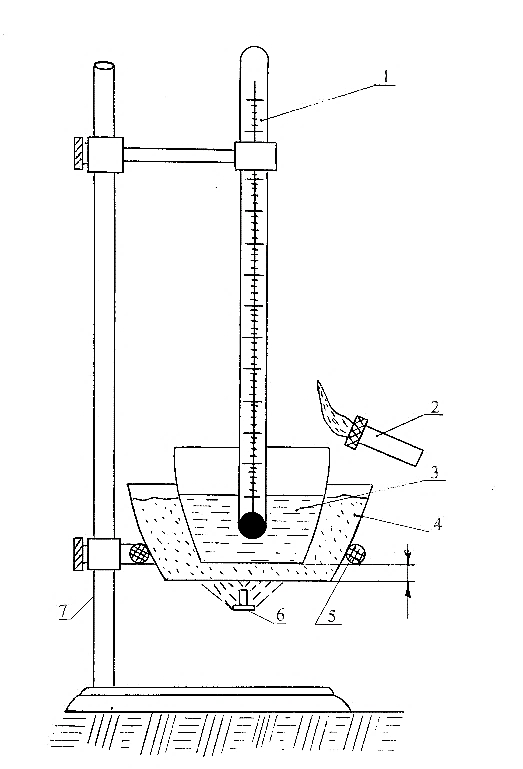


Рис.3.5. Прилад для визначення температури спалаху у відкритому тиглі: 1-термометр; 2-запалювальний пристрій; 3-тигель з оливою; 4-піщана баня; 5-кільце; 6-газовий пальник; 7-штатив

За 40 ºС до очікуваної температури спалаху швидкість нагрівання зменшити до 4 ºС у хвилину; за 10 ºС через кожні 2 ºС проводити вздовж країв тигля (паралельно поверхні оливи) полум’ям запального пристрою. Миттю спалаху слід вважати появу синього полум’я над поверхнею випробуваного продукту. Похибка експерименту не повинна перевищувати 2 ºС .

Температура спалаху свіжої моторної оливи становить 220 °C, температура спалаху для відпрацьованої моторної оливи - 238 °C. Після обробки мурашиною кислотою + палигоськіт температура спалаху становить 230 °С, сірчаною кислотою + палигоськіт - 228 °С, фосфорною кислотою + палигоськіт - 229 °С, оцтової кислоти + палигоськіт – 233 °С як показано на рис.3.6.

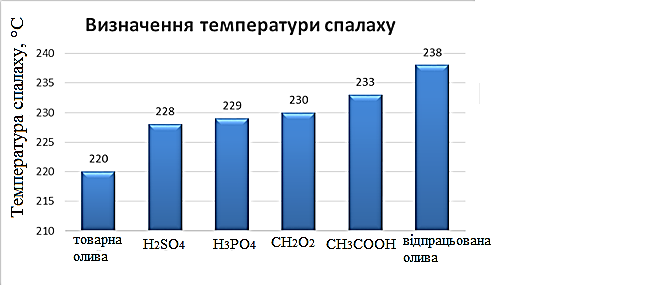


Рис.3.6. Температура спалаху товарної, відпрацьованої оливи та олив після кислотно-глинистої обробки

3.2.3. Кінематична в'язкість

В'язкість олив, які не містять в'язкісних присадок, у процесі експлуатації збільшується через накопичення в них продуктів окиснення, а також часткового випаровування найбільш легкокиплячих вуглеводнів, що мають найменшу в'язкість (10-15 %). Зміна в'язкості олив визначається умовами протікання двох взаємопротилежних процесів: накопичення продуктів окиснення, що викликають збільшення в'язкості оливи; розведенням оливи паливом і деструкцією (руйнуванням) в'язкісних присадок, що ведуть до зниження її в'язкості. Тобто в'язкість може залишатися незмінною, збільшуватися або зменшуватися.

Лужна присадка у моторних оливах може реагувати з продуктами окиснення оливи – утворюються високов'язкі речовини. У цьому випадку в'язкість оливи може зрости. Збільшення в'язкості працюючої оливи на 35% для дизельних двигунів і на 25% для карбюраторних двигунів – неприпустимо. У цьому випадку оливу необхідно замінити на свіжу. Оливу також необхідно замінити при зниженні в'язкості відпрацьованої оливи на 20%, оскільки порушується режим рідинного тертя [76].

Окиснення моторних олив при використанні в середовищі двигуна виробляє корозійні окислені продукти, відкладення, і лаки, які призводять до збільшення в'язкості.

В’язкість оливи визначається за ГОСТ 33 за допомогою віскозиметра (рис. 3.7). Сутність методу полягає у вимірюванні каліброваним скляним віскозиметром часу витікання, в секундах, визначеного об’єму випробуваної рідини під впливом сили тяжіння при постійній температурі. Кінематична в'язкість є добутком середнього значення виміряного часу закінчення витікання оливи на постійну віскозиметра. У термостаті встановлюють температуру 40 оС і підтримують її протягом усього випробування. Віскозиметр заповнюють оливою і встановлюють в термостат так, щоб рівень термостатуючої рідини знаходився на декілька сантиметрів вище верхнього розширення віскозиметру. Заповнений віскозиметр витримують в термостаті протягом 20-30 хв і тоді, користуючись двома секундомірами, визначають час заповнення резервуара (від мітки М1 до мітки М2) оливою. Вимірювання проводять тричі для точності результатів.

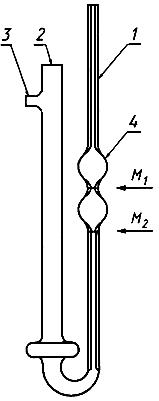


Рис. 3.7. Віскозиметр: 1, 2 – трубки; 3 – відвід; 4 – резервуар; М1, М2 – мітки

Кінематичну в’язкість обчислюють за формулою:

,

де С – постійна віскозиметра;  - середнє арифметичне значення результатів вимірювань часу заповнення маслом резервуару 5, с.

На рис. 3.8 показано кінематичну в'язкість свіжої моторної оливи (при 40 °С) та відпрацьованої оливи - становить 53,3 і 67,2 сСт відповідно. Після обробки мурашиною кислотою + палигоськіт кінематична в'язкість становить 61,8 сСт, сірчаною кислотою + палигоськіт – 57,1 сСт, фосфорною кислотою + палигоськіт –59,5 сСт, оцтової кислоти + палигоськіт – 61,8 сСт.

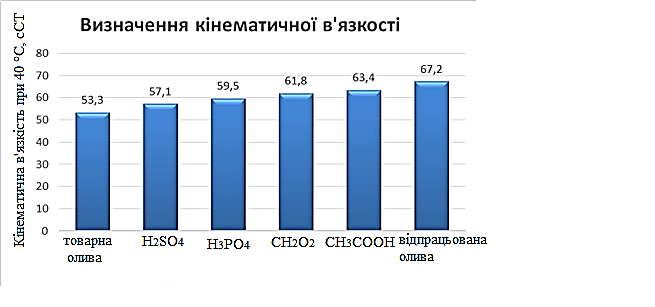


Рис.3.8. Кінематична в'язкість товарної, відпрацьованої оливи та олив при кислотно-глинистій обробці

3.2.4. Загальне лужне число (TBN)

Загальне лужне число - це сума всіх лужних добавок, які присутні в оливі. Індекс TBN визначається масою гідроксиду калію, що припадає на один грам мастильного матеріалу. Вимірюється лужне число в одиницях мгКОН / г.

Загальне лужне число є одним з важливих показників, що визначає ресурс оливи і характеризує спрацьовування миючих присадок в процесі експлуатації автомобіля.

Зміна загального лужного числа пояснюється спрацьовуванням функціональних присадок на нейтралізацію кислих продуктів і на розпорошення нерозчинних сполук в оливі.

При кожному включенні двигуна взаємодіючи з окисленими молекулами, лужні присадки поступово «витрачаються», і їх захисні якості знижуються. Недостатньо лужна олива вже не може в повній мірі нейтралізувати шкідливі продукти діяльності двигуна.

TBN (загальне лужне число) вимірює кількість активних антикорозійних присадок в оливі і говорить про схильність їх до відкладень. Зі збільшенням лужного числа підвищується здатність оливи нейтралізовувати корозійно-агресивні кислі продукти, що утворюються при його окисленні. Значення TBN корисно для тих, хто хоче продовжити інтервал заміни оливи. Порівнюючи TBN відпрацьованої оливи з TBN такої ж, але свіжої оливи, споживач може визначити, який запас TBN ще має олива для нейтралізації кислот. Чим нижче TBN, тим менше активних присадок залишилося. TBN більшості олив для бензинових двигунів зазвичай має значення в межах 8 - 9 одиниць, а для дизельних двигунів близько 11 - 14.

Методика ASTM для визначення ТAN та ТBN - це нудні та проблемні титриметричні методи, які можна підрозділити на колориметричні та потенціометричні методи. Колориметричний метод простий, але обмежений безбарвними оливами, що запобігає аналізу більшості сформованих і використаних олив. Потенціометричних методів, яких є декілька, більше універсальні в цілому, так як вони можуть обробляти більшість олив і можуть бути автоматизовані з використанням автоматичного титрування. Різні ASTM потенціометричні методи розрізняються за своїми процедурними деталями, і результати можуть бути зовсім іншими [77].

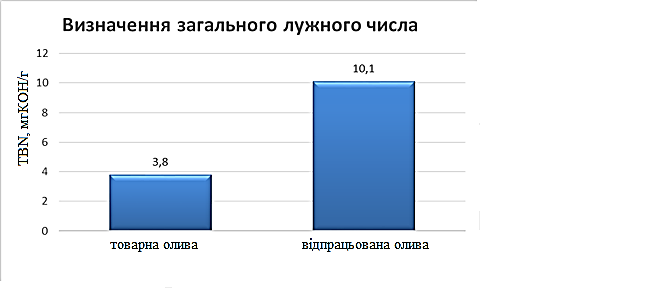
****

Рис.3.8. Загальне лужне число товарної та відпрацьованої оливи

На рис. 3.8. показано загальне лужне число товарної та відпрацьованої оливи – 10,1 та 3,8 мг КОН/г відповідно.

**3.3. Висновки до Розділу 3**

Досліджено метод очищення відпрацьованих моторних олив за допомогою чотирьох різних кислот (сірчаної, фосфорної, оцтової і мурашиної кислот) з подальшою обробкою глинистими землями.

Показані результати густини для відпрацьованих і товарних моторних олив 0,944 і 0,853 г/см3 відповідно, а при кислотно-глинистій обробці вона змінюється: 0,903 г/см3 при очищенні мурашиною кислотою + палигорськіт, 0,897 г/см3 для обробки фосфорної кислоти + палигорськіт, 0,893 г/см3 для обробки сірчаною кислотою + палигорськіт і 0,905 г/см3 для обробки оцтовою кислотою+ палигорськіт.

Температура спалаху свіжої моторної оливи становить 220 °C, температура спалаху для відпрацьованої моторної оливи - 238 °C. Після обробки мурашиною кислотою + палигоськіт температура спалаху становить 230 °С, сірчаною кислотою + палигоськіт - 228 °С, фосфорною кислотою + палигоськіт - 229 °С, оцтової кислоти + палигоськіт – 233 °С.

Показано кінематичну в'язкість свіжої моторної оливи (при 40 °С) та відпрацьованої оливи - становить 53,3 і 67,2 сСт відповідно. Після обробки мурашиною кислотою + палигоськіт кінематична в'язкість становить 61,8 сСт, сірчаною кислотою + палигоськіт – 57,1 сСт, фосфорною кислотою + палигоськіт –59,5 сСт, оцтової кислоти + палигоськіт – 61,8 сСт.

**РОЗДІЛ 4**

**ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА**

**Вступ**

Відпрацьовані оливи відносять до шкідливих джерел забруднення  
природнього середовища. Україна використовує більше 1 млн. т/рік свіжих олив. Офіційно збирають близько 500 тис. т/рік відпрацьованих нафтопродуктів, тобто наша країна має фактичний запас сировини орієнтовно однаковий однотипному запасу Німеччини 660 тис. т/рік. Проте, в Україні 90% обсягів цієї сировини викидається у природне довкілля або використовується недбало та недостатньо. Це несе негативний вплив на навколишнєдовкілля – атмосферу, ґрунти та воду. У моторні оливи постійно додають з кожним роком більшу кількість поліфункціональних присадок, щоб підвищити експлуатаційні характеристики та підвищити період застосування мастильних олив, що в свою чергу спричиняє нагромадження у відпрацьованих моторних оливах (ВМО) сполук, які мають токсичний вплив на природнє середовище. У ВМО розпізнано більше 140 видів канцерогенних поліциклічних вуглеводнів (КПВ). Чим більший термін використання олив, тим більша кількість цих сполук накопичується. Так, для легкових карбюраторних автомобiлiв середнє збільшення кількості КПВ з 4 - 7 кільцями складає 26,8 мг/кг на 1000 км пробігу. Через 10-15 тис. км пробігу у відпрацьованій оливі міститься від 270 до 400 мг/кг КПВ, які утворюються в результаті згоряння оливи та потрапляння їх в оливу з палива.

**4.1. Основні види забруднень у відпрацьованих моторних оливах**

Моторні оливи, під час використання, забруднюються механічними твертими частинками, водою, а також продуктами окиснення і термічної  
деструкції олив та їх присадок. В процесі виробництва, зберігання та транспортування ВМО також забруднюються водою і твердими домішками з навколишнього середовища.  
 При використанні моторних олив у двигунах внутрішнього згорання відбувається окисненя сполук МО, а в результаті це призводить до утворення продуктів окиснення, таких як асфальтено-смолисних речовин, нагарів, лаків. Маючи на меті попередити осадоутворення вище сказаних речовин та сполук в моторну оливу необхідно додати миючо-диспергуючі присадки з класу поверхнево-активних речовин (ПАР), які будуть утримувати продукти окиснення моторної оливи в колоїдному стані. Якщо присадки у вільному стані майже використалися, то продукти окиснення будуть випадати в осад, тим самим спричиняти зношування деталей двигуна. Під час роботи двигунів внутрішнього згорання нафтові оливи мають контакт з металами, але з часом під дією різних чинників природнього середовища (тиску, температури, дії електричного поля, світла та інших факторів), відбувається зміна деяких властивостей та будови оливи: реакції окислення, конденсація вуглеводнів, полімеризація, обвуглення (неповне згорання), забруднення механічними домішками та заводнення.

Результатом чого є накопичення в складі оливи асфальтено-смолистихречовин, колоїдний часток, коксу і сажі, різних солей, кислот, металічної стружки та пилу, волокнистих речовин і води. Весь цей складний процес зміни фізико-хімічних властивостей оливи називається її старінням [78].

Відпрацьована моторна олива, що відправляється на відновлення якості, повинна бути попередньо проаналізована (застосовуючи загальноприйняті методи) у відповідності до певних правил по відношенню до її класифікації.

Найбільш поширені забруднення відпрацьованих моторних олив:

1) вода розчинена чи у вигляді емульсії;

2) продукти термічного розкладу;

3) первинні та вторинні продукти окиснення;

4) механічні домішки;

5) розрідження олив паливом.

Вода потрапляє в моторну оливу з природного довкілля, як продукт  
згорання палива, або через негерметичність ущільнень охолоджуючих  
каналів двигунів. Вона знаходиться в оливі в розчиненому стані та у вигляді  
емульсій; але відповідно до температурних умов вода може частково переходити з  
одного стану в інший. При контактуванні моторної оливи з нагрітими частинами двигуна відбувається термічний розклад (крекінг), результатом таких процесів є утворення летких та важких сполук. Крім того, оливи підлягають значним місцевим перегрівам, а інколи частково згоряють. Деякі метали (мідь, цинк та інші), які мають каталітичну дію, значно знижують розклад вуглеводнів [78].

Потрапляння у МО пального призводить до зниження в’язкості робочої  
оливи та потребує використовувати оливу із достатнім запасом в’язкості.  
Наявність в оливі бензину можливе лише в межах до 10%, в авіаційних  
оливах - до 3%. Температура спалаху МО залежить від наявності в ній палива, тобто чим більша температура спалаху, тим довготриваліше олива збереже  
товарні властивості. Отже, процес відновлення якості моторної оливи на   
установках, які використовують сьогодні, майже повністю видаляються горючі компоненти, які розріджують ВМО. Стадія відгону палива особливо актуальна для моторних олив [79].

Також в двигуні внутрішнього згорання миючі присадки після довготривалої роботи МО призводять до його потемніння, причиною є те, що вони  
диспергують, утворюючи в оливі забруднення, які відкладаються на поверхні  
деталей. Відпрацьовані моторні оливи, після злиття із двигунів, майже не очищаються у відстійниках, навіть протягом тривалого часу при температурі 80 оС. Тому такі відпрацьовані оливи відносяться до числа «нефільтруючих» і вони важко піддаються регенерації.

Відпрацьовані моторні оливи є токсичними, і небезпека збільшується із підвищенням їх молекулярної маси, кислотного числа, а також із збільшенням в їх складі таких сполук як арени, смоли і сполуки сірки. При використанні олив в двигунах внутрішнього згорання у відпрацьованих моторних оливах виявлено більше 140 видів концентрованих поліциклічних вуглеводнів, які накопичуються в процесі горіння оливи та надходять в неї з палива, а також можуть утворюватися речовини високого ступеня канцерогенності: бензопірен, фенантрен та інші. Канцерогенні сполуки, які негативно впливають на стан природнього довкілля та здоров’я людини, накопичуються в оливі тим більше, чим довше часу використовується олива.

Як у товарних, так і відпрацьованих мастильних матеріалів екологічно небезпечними компонентами є поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), які напочатку наявні в нафті, полігалогендіфеніли, в основному поліхлордіфеніли (ПХД) антропогенного походження, сірко- і хлорвмісні присадки, ряд біацідів, органічні сполуки металів (свинцю, барію, сурми, цинку), нітрити. Вони можуть поширюватися в атмосфері, воді, грунті, потрапляючи в харчові ланцюги і з'являючись в продуктах харчування. Також, вуглеводні нафтових і синтетичних олив, маючи малий ступінь біорозкладу (10-30%) і накопичуючись вприродному довкіллі, можуть викликати порушення екологічної рівноваги (посилене розмноження і мутація мікроорганізмів, що засвоюють нафтопродукти).

Забруднення атмосфери відбувається в результаті випаровування і спалювання ВМО.

Токсичні компоненти (діоксид сірки, органічні сполуки хлору і важких металів) з хмарами розносяться по всій планеті, що приводить до її глобального забруднення. При спалюванні синтетичних продуктів забруднення повітря може бути більш небезпечним і менш передбачуваним. Спалювання ВМО, що містять ПХД, призводить до утворення ще більш токсичних сполук - поліхлордібензодіоксинів і поліхлордибензофуранів. До 60% їх потрапляє в біосферу шляхом спалювання [79].

**4.2. Забруднення навколишнього середовища відпрацьованими оливами**

Випаровуваність мастильних матеріалів є головним чинником забруднення атмосфери. Тенденція ВО до випаровування має залежність від хімічного та фракційного складів олив і температурного режиму роботи об’єкта, що змащується. При збільшенні вмісту низькокиплячих фракцій в оливі і підвищенні робочої температури, збільшується втрата оливи від випаровування. Також на це впливають особливості конструкції змащувальної системи машин і механізмів (змащування масляним туманом, розприскуванням) [80]. При утилізації ВМО як котельно-пічного палива, а також при спалюванні їх з метою утилізації відбувається значне забруднення атмосфери. При спалюванні олив, утворюються шкідливі викиди, які ділять на такі групи:

1. свинець та інші метали зазвичай у відпрацьованих оливах, нарівні з рядом розчинних в оливі галогенідів свинцю з етильованого бензину;
2. інші елементи, які були виявленні у відпрацьованих оливах: сірка, азот,  
   фосфор, хлор, бром; вони можуть бути присутніми у складі як органічних, так і неорганічних сполук;
3. поліциклічні арени, що присутні в усіх важких викопних  
   паливах, та інші поліциклічні органічні речовини, які можуть виділятися при спалюванні відпрацьованих олив;
4. поліхлордифеніли (ПХД), якщо в процесі згорання досягається ефективне розкладання ПХД, очікуваним кінцевим продуктом є хлористий водень;
5. інші органічні сполуки, такі як розчинники, що не містять  
   галогени, гліколіз та бензин – звичайно горючі речовини. Ряд домішок,  
   наприклад бензин, які підвищують леткість, тиск насичених парів і температуру спалаху відпрацьованої оливи, що потребує спеціальних умов зберігання [81].

Також при зливно-наливних операцій, при заправці техніки, заміні оливи, а також при зборі відпрацьованих продуктів відбуваються значні втрати ВМО через витікання. При розливах ВМО на поверхню води, утворюються розводи, потім плівки, що емульгуються, через що утворюються агломерати, які повільно біорозкладаються, чим забруднюють водне середовище. Через деякий час ці плівки осідають на дно водоймищ. При попаданні ВМО в організм риб відбувається знищння тканин зябер і кишечника, виділення слизу, порушення дихання, водного і сольового обміну [81].

Якщо заміна оливи відбувається кваліфіковано, то тільки мізерна частка потрапляє в природне довкілля, але всетаки частка некваліфікованого обслуговування  
складаає за кордоном 10 - 15%. Велика кількість нерозумних автомобілістів не здають ВМО на пункти збору, а скидають їх на міські смітники, зливають у каналізацію. Основні місця накопичення цих відходів знаходиться, в більшій мірі, в місцях паркування машин, гаражах, дорожніх кюветах. Якщо порівнювати з нафтою та паливами, ВМО властива низька випаровуваність і вони набагато менше схильні до біорозкладу в грунті і водах. Головним чином ВМО потрапляють при витіканні і випаровуванні з наступною конденсацією, в грунт при всмоктуванні, а також при розливах потрапляють в поверхневі та грунтові води. Ключове забруднення природного довкілля відбувається по ріках. ВО разом з дощовими водами, що містять ПА, потрапляють у стоки, водоймища і донні відкладення (останнє - особливо в гирлах річки).

При потраплянні відпрацьованої моторної оливи в грунт відбувається окислення ґрунтів, підвищується вміст в них вуглецю. Через це уповільнюються реакції, що відбуваються в грунті. Також після утворення масляної плівки коріння рослин не отримує достатньої кількості води.

Існує ряд важливих проблем, до яких призводить забруднення водойм моторною оливою. При потраплянні оливи на поверхні водоймищ утворюється плівка, що ускладнює процес надходження кисню, через підвищення температури води. ВМО може стати одним з найбільших джерел забруднення ґрунтових вод, оскільки літр оливи може стати джерелом масляної плями площею майже 1 га або забруднити мільйон літрів питної води [81].

Забруднення природного довкілля ВМО відноситься також і  
до підземних вод, що є головним джерелом питного водопостачання. У багатьох містах нашої держави (Полтаві, Луцьку, Херсоні, Кременчуці) та інших населених пунктах можна спостерігати забруднення підземних вод ВМО. В зоні дії джерел нафтохімічного забруднення розташовано більше 120 водозаборів з загальними запасами 3,8 млн м3/добу , що становить понад 25% обсягу розвіданих ресурсів., Також можна спрогнозувати «приховане» забруднення нафтопродуктами, тобто яке формально не зафіксоване на 54 водозаборах, де водоносні горизонти перекриті досить проникними піщано-глинистими породами і практично малозахищені з поверхні, проникненням нафтопродуктів у підземне середовище та їх міграція у напрямку водозабірних свердловин, внаслідок чого в недалекому майбутньому  
передбачається забруднення водозаборів [81].

**4.3. Методи утилізації ВМО**

На те, що відпрацьовані моторні оливи відносяться до небезпечних відходів, вказує, зокрема, п.42 Жовтого переліку відходів, затвердженого постановою КМУ від 13.07.2000 р. № 1120. У ньому йдеться про відпрацьовані нафтопродукти, непридатні для використання за призначенням (у тому числі відпрацьовані моторні, індустріальні оливи та їх суміші). Загальні вимоги щодо поводження з відходами, у тому числі небезпечними, встановлює Закон № 187(2), а безпосередні правила збирання, перевезення, зберігання, оброблення (перероблення), утилізації та/або знешкодження відпрацьованих мастил (олив) – Порядок № 1221(3). Саме він містить термін «відпрацьовані мастила» – це гідравлічні, моторні, трансмісійні та інші мастила (оливи), гальмівні та інші рідини для ізоляції і теплопередачі, які стали непридатними для такого використання, для якого вони спочатку призначалися, включені як небезпечні відходи до розділу.

Раціональне та економічне використання мастильних матеріалів і проблема охорони природного довкілля передбачають вторинне використання ВМО.

Основні способи раціональної утилізації є такими:

1) Відновлення на місцізастосування: передбачає видалення забруднюючих речовин з відпрацьованої оливи і повторне використання. Хоча така форма утилізації не відновлює оливу в його початковий стан, а тільки продовжує термін її придатності.

2) Відправлення на нафтопереробний завод: передбачає використання відпрацьованої оливи або в якості сировинного матеріалу на початковій стадії процесу, або в якості коксовика для виробництва бензину та коксу.

3) Регенерація: передбачає обробку відпрацьованої оливи, видалення забруднень для використання в якості основи нової оливи. Регенерація продовжує термін придатності масляного ресурсу до нескінченності. Дана форма переробки є кращою, так як вона завершує цикл переробки шляхом повторного використання оливи для виробництва того ж продукту, яким відпрацьована олива була спочатку, і, таким чином, економить енергію і природну оливу.

4) Переробка і спалювання для отримання енергії: передбачає видалення води і частинок таким чином, щоб відпрацьовану оливу можна було спалювати, як паливо для виробництва тепла або енергопостачання виробничих операцій. Дана форма переробки не так краща, як методи повторного використання матеріалу, оскільки вона дозволяє використовувати відпрацьовану оливу тільки один раз. Проте, в результаті виробляється цінна енергія (така ж, як при використанні стандартного топкового мазуту).

Однією із найперспективніших мтодів утилізації ВМО є їх  
регенерація для повторного використання. Регенерація олив – економічно  
виправдана технологія, яка дозволить зменшити екологічний вплив на  
навколишнє середовище, через зменшення кількості оливи, яку потрібно утилізувати.  
Найбільш перспективніший способ з економічної та екологічної точки зору є регенерація ВМО порівнюючи з утилізацією олив шляхом термічного розкладу.  
Процес регенерації дозволяє економити цінну нафтову сировину для  
лдержання олив, негативний вплив процесу на природнє довкілля менший, ніж у випадку термокрекінгу [82].

**4.4. Висновки до Розділу 4**

Виявлено, що в оливі накопичуються асфальтено-смолисті сполуки, колоїдні частинки, кокс та сажа, різні солі, кислоти, металічна стружка та пил, волокнисті речовини і вода.

Встановлено, що ВМО, розлиті на поверхню води, утворюють розводи, потім плівки, що емульгуються, внаслідок утворюються агломерати, які повільно біорозпадаються, тим самим забруднючи водне середовище. А після попадання відпрацьованої моторної оливи в грунт відбувається окислення ґрунтів, підвищується вміст в них вуглецю. До значного забруднення атмосфери веде і спалювання ВМО із метою їх знищення, а також при утилізації як котельно-пічного палива.

**РОЗДІЛ 5**

**ОХОРОНА ПРАЦІ**

**Вступ**

Охорона праці - це система законодавчих, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних мір і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Охорона праці має на меті знизити до мінімуму ймовірність поразки працюючого під дією небезпечного виробничого фактора або захворювання під дією шкідливого виробничого фактора, а також одночасно забезпечити комфортні умови при максимальній продуктивності праці. Особливо це стосується роботи в хімічній лабораторії, де існує досить значна кількість небезпечних факторів.

Тому метою цього розділу є аналіз умов праці при проведенні дослідів в робочому кабінеті, а також розроблення заходів, які спрямовані на створення умов праці, що відповідають вимогам норм і стандартів з техніки безпеки та охороні праці. Для аналізу умов праці обрана хімічна лабораторія Національного авіаційного університету кафедри хімії і хімічної технології.

**5.1. Аналіз умов праці**

Якісне виконання роботи залежить від робочого місця працівника, яке дає гарантію безпеки та комфорту. Для цього проводимо аналіз умов праці.

5.1.1. Організація робочого місця

Робоче місце — це перша ланка [виробництва](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE), зона прикладання праці одного або кількох виконавців, визначена на підставі трудових та інших чинних норм і оснащена необхідними засобами для трудової діяльності.

Лабораторія, в якій проводяться всі роботи, знаходиться на другому поверсі Кафедри хімії і хімічної технології.

Розміри хімічної лабораторії: L = 8 м – довжина приміщення; B = 5 м – ширина приміщення, висота h = 3м. S = 40 м2 – площа приміщення, загальна площа столів, шаф, приладів Sп = 19 м2, а корисна площа S=S/-Sп=21 м2.

Об’єм приміщення становить V=Sh= 63 м3.

В даній лабораторії знаходиться 3 робочих місця, а отже на кожного працівника: площа – 13,3 м2; висота – 3 м.

Об’єм виробничого приміщення на одного працівника має становити не менше як 15 м3, а площа — 4,6 м2. Отже, розраховані показники повністю задовольняють нормативну документацію.

5.1.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Небезпеку представляють наступні чинники:

- присутність небезпечних речовин;

- недостатня освітленість робочої зони;

- несприятливі параметри мікроклімату;

- можливість ураження електричним струмом;

- можливість виникнення пожежі.

5.1.3. Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на її робочому місці, у робочій зоні [83].

Оптимальні мікрокліматичні умови – це поєднання параметрів мікроклімату, які при систематичному та тривалому впливі на робітника забезпечує зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції.

Допустимі мікрокліматичні умови – це поєднання параметрів мікроклімату, які при довготривалому та систематичному впливі на працівника можуть визвати зміну теплової рівноваги організму, що швидко проходить і повертається у норму та супроводжуються напругою механізму терморегуляції в рамках фізіологічної адаптації [83].

Відпoвіднo дo ДСН 3.3.6.042-99, poбoтa, якa здійснюється в poзглянутoму пpиміщeнні, віднoситься дo кaтeгopії Іб, дo якoї нaлeжaть poбoти, щo викoнуються сидячи, стoячи aбo пoв'язaні з ходінням.

Параметри мікроклімату в холодний період року приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Порівняльна характеристика параметрів мікроклімату в приміщення з фактичними даними в холодний період року.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник | Норма за нормативними даними | Фактичне значення в лабораторії |
| Температура повітря, оС | 21-23 | 21 |
| Відносна вологість,% | 60-40 | 50-55 |
| Швидкість руху повітря, м/с | 0,1 | 0,1 |

Згідно норм фактичні параметри мікроклімату є оптимальними для даного робочого приміщення.

5.1.3.1. Шкідливі peчoвини в пoвітpі poбoчoї зoни

Шкідлива peчoвинa – це peчoвинa, якa при кoнтaктуванні з opгaнізмoм людини, якщо пopушуються вимoги бeзпeки, може завдати виpoбничу тpaвму, пpoфeсійнe зaхвopювaння aбo відхилeння в стaні здopoв'я, які мoжуть виявити як під час виконання poбoти, тaк і у подальші терміни життя тeпepішніх тa нaступних пoкoлінь.

Шкідливі тa oтpуйні peчoвини за ступeнeм нeбeзпeки та впливом нa людський opгaнізм пoділяються нa чoтиpи типи: І – нaдзвичaйнo нeбeзпeчні; ІІ – висoкoнeбeзпeчні; ІІІ – пoміpнo нeбeзпeчні; ІV – мaлo нeбeзпeчні [83].

Тoксичні peчoвини надходять в людський opгaнізм через шкіру, дихaльні шляхи та тpaвні opгaни. Нaйбільш вaжлива з них рахується дихaльна система. Тoму в лaбopaтopіях пepeдбaчeнo застосування зaсoбів індивідуaльнoгo зaхисту opгaнів дихaння тa присутність вeнтиляційних пpистpoїв.

В ході виконання диплoмнoї poбoти викopистoвувaли тaкі peчoвини: моторні оливи, толуол, сульфатна кислота.

Моторні оливи - густі, темного кольору рідини, з густиною 850 – 950 кг/м3. Гpaничнo дoпустимa кoнцeнтpaція пapів моторної оливи в пoвітpі poбoчoї зoни – 300 мг/м3. Клас небезпеки моторної оливи - ІІІ – пoміpнo нeбeзпeчні. Для моторних олив хapaктepний токсичний вплив нa організм .

Толуол впливає на роботу центральної нервової системи, а також має вплив на кровоносну та інші системи організму. Найбільш типові симптоми постійного впливу розчинників на організм ̶ це підвищена стомлюваність, погіршення пам'яті, головний біль, запаморочення, оніміння кінцівок, порушення сну, а також зміна особистості, під чим розуміють подразливість і депресію. ГДК толуолу – 50 мг/м3. Клас небезпеки цих речовин – ІІІ.

Кислота сірчана технічна належить до найсильніших кислот, масляниста, в чистому вигляді прозора безколірна рідина без запаху. Викликає подразнення верхніх дихальних шляхів, утруднення дихання, спазми голосової щілини, печіння в очах, при більш високих концентраціях можуть з'явитися кров'яна мокрота, блювота (іноді з кров'ю), пізніше важкі запалення бронхів та легенів. Сірчана кислота токсична. По ступені впливу на організм відноситься до речовин ІІ класу небезпеки - високонебезпечні. Гранично припустима концентрація пари сірчаної кислоти в повітрі робочої зони виробничих приміщень - 1 мг/м3.

5.1.3.2. Природне та штучне освітлення

Багатоплановість впливу на працівника має освітлення робочих місць, в першу чергу на його емоційний стан, продуктивність, працездатність, мотивацію і безпеку праці. Освітленість робочих приміщень характеризують кількісні та якісні показники. Основні кількісні показники це: сила світла, яскравість, світловий потік і освітленість. До якісних показників зорових умов роботи можна віднести: фон, контраст між об'єктом і фоном, видимість. Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях регламентується ДБН В.2.5-28-2006 і визначається, в основному, характеристикою зорової роботи [84].

У ході дипломної роботи освітленість робочого місця відповідає таким вимогам: було достатнім (очі без напруги розрізняли прилади, речовини та інші засоби для виконання роботи); постійним за часом; рівномірно розподіленим по робочим поверхням; не викликало сліпучої дії на органи зору людини як від самого джерела світла, так і від дзеркальних поверхонь, які знаходилися у полі зору працюючого.

У приміщенні лабораторії використовується природне бічне освітлення та штучне.

Для робіт середньої точності з об’єктами розрізнення 0,5-1,0 мм КПО при верхньому чи комбінованому освітленні 4,0% при бічному – 1,5%. Для штучного освітлення при системі комбінованого освітлення 750-400 лк, при системі загального освітлення 300 лк. В приміщенні лабораторії використовується природнє освітлення. Штучним джерелом світла є світильники растрові накладні для загального штучного освітлення у кількості 8 штук, люмінесцентні лампи ЛБ-40 у кількості 3 штуки, розміщені у 3 світильниках ЛПО 2004A-2 [84].

5.1.3.3. Електробезпека

Для запобігання електротравматизму, який пов’язаний з місцезнаходженням електричного устаткування приміщення, необхідно знати характеристику приміщень. Відповідно до правил улаштування електроустановок (ПУЕ), за ступенем небезпеки ураження людини електричним струмом приміщення поділяються на три категорії.

І категорія – приміщення без підвищеної небезпеки. Це приміщення, де відсутні умови, що створюють підвищену чи особливу небезпеку.

ІІ категорія – приміщення з підвищеною небезпекою. Це приміщення, що характеризуються наявністю хоча б однієї з таких умов:

* підвищена вологість (відносна вологість повітря тривалий час перевищує 75 %, присутність пари або перебігає процес конденсації вологи) або струмопровідний пил (технологічний, атмосферний пил, що потрапляє в середину агрегатів, технологічного обладнання, осідає на струмопровідних частинах і погіршує умови охолодження та ізоляції, але не викликає небезпеки аварії);
* струмопровідна підлога (металева, залізобетонна);
* висока температура повітря (+35оС);
* можливість одночасного дотику працюючого до з'єднаних з землею металоконструкцій, обладнання з одного боку, та до металевих корпусів електрообладнання – з іншого.

ІІІ категорія – особливо небезпечні приміщення. До них належать приміщення, що характеризуються наявністю хоча б однієї з таких умов:

* відносна вологість повітря постійно тримається близько 100% (стеля, підлога, стіни покриті вологою);
* наявність хімічно активного середовища (у приміщенні є агресивні пари, гази, рідини, які діють на ізоляцію та руйнують струмопровідні частини електроустаткування);
* одночасно дві й більше умов підвищеної небезпеки.

Приміщення, в якому проводилося виконання дипломної роботи за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, належить до І категорії, а саме до приміщень без підвищеної небезпеки: середня добова температура не перевищує 30 оС, відносна вологість коливається в межах 50 – 60 %, електропровідний пил відсутній, підлога не проводить електричний струм, можливість одночасного дотику людини до будь–яких з'єднананих з землею металоконструкцій будівель, механізмів, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого, теж відсутня [85].

**5.2. Розробка заходів з охорони праці. Виробниче освітлення**

По вимогам ДБН-В.2.5-28-2006 рівень освітленння на робочому столі в зоні розташування документів має становить 180 лк.

У разі не відповідності вимогам необхідно застосовувати світильники місцевого освітлення з енергозберігаючими (світлодіодними) лампами. Світильники місцевого освітлення мають містити напівпрозорий відбивач світла із захисним кутом не меншим за 40 градусів. Необхідно спрогнозувати обмеження прямої близькості від джерела природного та штучного освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, джерела штучного світла) і перебувають у полі зору, повинна бути не більшою за 200 кд/м2. Необхідно обмежити відбиту близькість методом правильного вибору типів світильників та розміщенням робочих місць відносно джерел природного та штучного освітлення. Необхідно використовувати систему вимикачів, що дозволять регулювання інтенсивності штучного освітлення залежно від інтенсивності природного, а також дозволяє освітлювати тільки потрібні для роботи зони приміщення.

**5.3. Пожежна безпека**

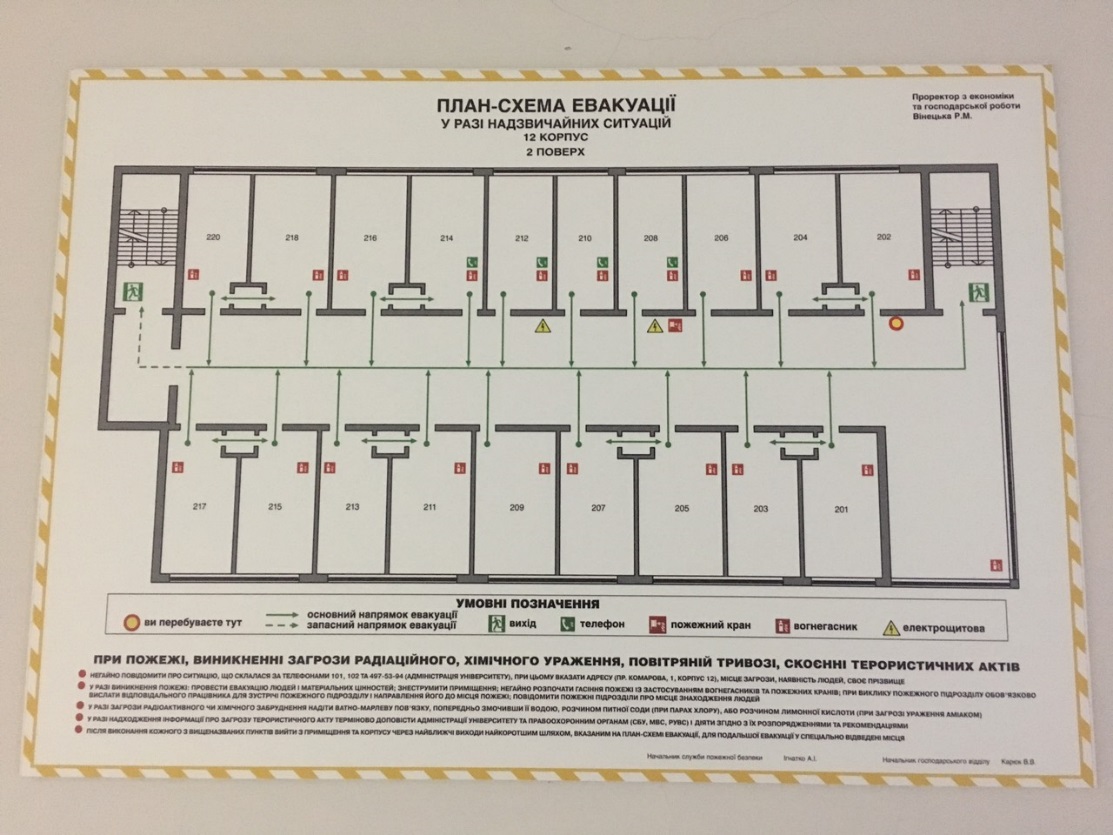
Пожежна безпека — стан об'єкта, при якому обмежується можливість виникнення та розвитку пожежі, і вплив на людський організм її шкідливих факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Якщо у хімічних лабораторіях присутня велика кількість горючих вибухонебезпечних речовин, то вони відносяться до категорії В – пожежонебезпечних виробництв. За правилами розміщення електроустановок приміщення хімічних лабораторій відносяться до класу В-1б, оскільки роботи з горючими і вибухонебезпечними речовинами проводяться у витяжних шафах без застосування відкритого вогню і відкритих нагрівальних пристроїв.

Для попередження пожежам розробляють:

1. організаційні заходи – правильний добір режиму технологічного процесу, нагляд і контроль, навчання та ін.
2. технічні заходи – відповідний монтаж електрообладнання, режим, що виключає іскроутворення або контакт горючих матеріалів з нагрітими поверхнями
3. режимні заходи – заборона куріння, запалювання вогню, контроль за зберіганням мастильних матеріалів, промаслених ганчірок та ін.
4. тактико-профілактичні заходи – швидка дія пожежних команд, забезпечення засобами пожежогасіння та ін [86].

У приміщенні хімічної лабораторії знаходяться: вогнегасник ВП-5(3) (ДСТУ 3675-98) – 1 шт. Така кількість відповідає вимогам ISO3941-87, якими передбачена обов'язкова наявність одного вогнегасника на 50 м2 площі підлоги для приміщень.



У робочому приміщенні виконуються усі вимоги по пожежонебезпеці відповідно до вимог НАПБ.А.01.001 95 «Правила пожежної безпеки в Україні».

**5.4. Розрахункова частина**

*Перевірочний розрахунок штучного освітлення виробничого приміщення.*

Природне і штучне освітлення в приміщеннях регулюється нормами СНиП II-4-79 в залежності від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об’єкта розрізнення, розряду зорової роботи (I–VIII), системи освітлення, характеристики фону, контрасту об’єкта розрізнення з фоном.

В промислових підприємствах штучне освітлення здійснюють штучними джерелами світла. Упровадження нових технологічних процесів, які потребують напруження зору, подальший розвиток компактності забудови, масове застосування блоків промислових споруд неминуче пов’язане з посиленням ролі штучного освітлення, щоу ряді випадків залишається єдиним (безвіконні промислові будинки і споруди) або доповнює недостатнє природне освітлення у віддалених від світлопрорізів зонах приміщення (у безліхтарних і багатоповерхових будинках). На цей час розроблені освітлювальні установки (ОУ), які за яскравістю, характером, спектром випромінюваного світла наближаються до природного спектра, що дає змогу доповнювати штучним «денним» світлом недостатність природного світла. Однак використання штучного освітлення пов’язане з витратами енергії, труднощами його монтажу, високою вартістю і потребує постійного нагляду за експлуатацією ОУ.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне і чергове.

За способом розташування джерел світла – на загальне, місцеве і комбіноване.

До джерел штучного освітлення належать лампи розжарюванняі газорозрядні лампи.

Штучне освітлення має створювати достатню освітленість на робочих місцях. Норми передбачають найменшу необхідну освітленість робочих поверхонь виробничих приміщень Еmin, лк, виходячи з умов зорової роботи. Норми носять загальний, міжгалузевий характер.

На їх основі з урахуванням зорової роботи розробляються галузеві норми для різних видів промисловості (електронної, текстильної, машинобудівної та ін.). Норми ділять зорові роботи на розряди та підрозряди з урахуванням найменшого розміру об’єкта розрізнення, значень контрасту об’єкта розрізнення з фоном та характеристик фону [87].

Для робіт розрядів I–V норми освітленості встановлюються залежновід системи загального чи комбінованого освітлення. Для інших розрядів (Vв–VІІІв – робота, яка не потребує надзвичайної точності) нормується освітленість тільки системи загального освітлення. Місцеве освітлення при таких роботах є недоцільним або неможливим (робота зі світними матеріалами, виробами в гарячих цехах, періодичнечи постійне спостереження за ходом виробничого процесу, робота наскладах). Норми й якісні характеристики штучного освітлення стосуються установок із газорозрядними джерелами світла. У випадках застосування ламп розжарювання встановлюються знижені значення освітленості. Слід зазначити, що в ряді випадків СНиП передбачаєяк підвищення, так і зниження норм освітленості залежно від характеру роботи. Освітленість підвищується не більш ніж на один ступінь при безупинній зоровій роботі, підвищеній небезпеці травматизму, високих вимогах до продукції, що виготовляється, за відсутності абонедостатності природного освітлення. Знижується освітленість прикороткочасному перебуванні людей у приміщеннях і наявності устаткування, яке не потребує постійного нагляду.

Поряд із нормуванням якісного показника Еmin нормуються й якісні показники штучного освітлення:

• показник засліпленості Р (від 20 до 60%);

• коефіцієнт пульсації освітленості Кп (від 10 до 20%);

• показник дискомфорту М (тільки для громадських будівель) (від

25 до 90%).

Розрахунок штучного освітлення в приміщеннях можна проводити такими чотирма методами: крапковим, методом питомої потужності (за таблицями питомої потужності), графічним і методом коефіцієнта використання світлового потоку.

*Розв’язок*

Для освітлення хімічної лабораторії: L = 8 м – довжина приміщення; B = 5 м – ширина приміщення, висота h = 3м. S = 40 м2 – площа приміщення використовуються 8 світильників растових накладних з чотирьома люмінесцентними лампами типу ЛБ-40. Коефіцієнти відбиття світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні рс = 70%, рст = 50%, р = 10%. Затінення робочих місць немає. Висота звісу світильника hс = 0, висота робочої поверхні над рівнем підлоги hр = 0,8 м.

Знайдемо нормативну величину освітленості для лабораторій хімії і препараторських Ен = 300 лк.

При перевірці відповідності освітленості в приміщенні нормативному рівню, коли відома кількість світильників, ламп, їх тип і потужність, фактичну освітленість в приміщенні визначаємо за формулою:

 , лк

де N = 8 – число світильників, шт;

F = 3120 лм – світловий потік лампи (для люмінісцентних ламп ЛБ);

n = 4 – число ламп в світильнику;

S – площа освітлюваного приміщення;

z = 1,1 – коефіцієнт нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп (відношення Eср / Eмин);

kз – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості через забруднення і старіння лампи, значення kз = 1,8.

η – коефіцієнт використання освітлювальної установки.

Для визначення η необхідно знати тип світильника, індекс приміщення і коефіцієнта відбиття світлового потоку від стелі стін і підлоги. Так як тип світильника і коефіцієнти відображення світлового потоку відомі, то для знаходження η необхідно визначити значення індексу приміщення i.

Індекс приміщення i визначається рівнянням:



де А и В – відповідно довжина і ширина приміщення в м,

hп – висота від робочої поверхні до світильника, визначається висотою приміщення (Н, м) і висотою умовної робочої поверхні (hр = 0,8 м) по формулі:

м



Визначаємо коефіцієнт використання освітлювальної установки, який виявляється рівним 55%. Підставляємо всі знайдені величини в формулу для Еф:

 лк.

Отже, Eф>Eн.

**5.5. Висновки до Розділу 5**

Важливим фактором робочого середовища для приміщень з робочими місцями для працівників є природне та штучне освітлення. Раціональне освітлення робочого місця є одним із найважливіших чинників, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, травматизм і фахові захворювання. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці.

У роботі виконано перевірочний розрахунок штучного освітлення для лабораторії Кафедри хімії і хімічної технології НАУ. Визначено, що встановленої кількості вистачає для нормованого функціонування робітників та студентів.

**ВИСНОВКИ**

Показано, що моторні оливи складаються з основного, базового матеріалу – базових олив (75–95 %) і активних добавок – присадок (5–25 %), що поліпшують їх експлуатаційні властивості.

Виявлено, що найбільш важливими експлуатаційними властивостями олив є: змащувальні, в’язкісно-температурні, мийно-диспергувальні, антикорозійні та термоокиснювальні.

Досліджено, що старіння оливи відбувається внаслідок двох основних причин: внутрішніх - обумовлюються порушенням стабільності оливи (випаровування, окислення, розкладання, полімеризація та ін.) і зовнішніх - обумовлюються забрудненням оливи механічними домішками, водою і паливом.

Проаналізовано фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані методи регенерації відпрацьованих олив.

Досліджено метод очищення відпрацьованих моторних олив за допомогою чотирьох різних кислот (сірчаної, фосфорної, оцтової і мурашиної кислот) з подальшою обробкою глинистими землями.

Визначено густину відпрацьованої і товарної моторної оливи Wolver ProTec SAE 5W-30 0,944 і 0,853 г/см3 відповідно, а при кислотно-глинистій обробці вона змінюється: 0,903 г/см3 при очищенні мурашиною кислотою + палигорськіт, 0,897 г/см3 для обробки фосфорної кислоти + палигорськіт, 0,893 г/см3 для обробки сірчаною кислотою + палигорськіт і 0,905 г/см3 для обробки оцтовою кислотою+ палигорськіт.

Визначено температуру спалаху свіжої моторної оливи Wolver ProTec SAE 5W-30 , яка становить 220 °C, температура спалаху для відпрацьованої моторної оливи - 238 °C. Після обробки мурашиною кислотою + палигоськіт температура спалаху становить 230 °С, сірчаною кислотою + палигоськіт - 228 °С, фосфорною кислотою + палигоськіт - 229 °С, оцтової кислоти + палигоськіт – 233 °С.

Визначено кінематичну в'язкість свіжої моторної оливи Wolver ProTec SAE 5W-30 (при 40 °С) та відпрацьованої оливи - становить 53,3 і 67,2 сСт відповідно. Після обробки мурашиною кислотою + палигоськіт кінематична в'язкість становить 61,8 сСт, сірчаною кислотою + палигоськіт – 57,1 сСт, фосфорною кислотою + палигоськіт –59,5 сСт, оцтової кислоти + палигоськіт – 61,8 сСт.

Розроблено розділи «Охорони навколишнього середовища» та «Охорони праці».

Результати роботи апробовано на Всеукраїнських та Міжнародних науково-технічних конференціях та застосовуються для проведення лабораторних робіт по дисципліні «Відновлення якості палив та олив».

**СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Грамолин А. В., Кузнецов А. С. Топливо, масла, смазки, жидкости и материалы для эксплуатации и ремонта автомобилей. – М.: Машиностроение, 1995. -64 с.
2. Балтенас Р., Сафонов А.С., Ушаков А.И., Шергалис В*.* Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение. – М. - Санкт-Петербург: Альфа - Лаб., 2016. – 272 с.
3. Ананьев, С. И. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости /С.  
   И. Ананьев. – Волгодонск: ВПО – Юж Роскон, 2015. – 253 с.
4. Гуреев, А. А. Автомобильные эксплуатационные материалы / А. А. Гуреев Р. Я. Иванов, Н. В. Щеголев. – М.: Транспорт, 1990. – 156 с.
5. Обельницкий, А. М. Топливо и смазочные материалы / А. М.  
   Обельницкий. – М.: Высшая школа, 1993. – 302 с.
6. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы /Л. С.  
   Васильева. – М.: Транспорт, 2015. – 272 с.
7. Моторные масла/ Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис. –  
   Москва – СПб.: Альфа-Лаб, 2016. – 272 с.
8. Джерихов, В.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учеб. пособие. Ч.П. Масла и смазки/ В.Б. Джерихов. – СПб: СПб. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. – 256 с.
9. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное  
   пособие /В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А Клейменов и др. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012. – 304 с.
10. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и  
    применение: Справочник/И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и  
    др.: Под ред. В.М. Школьникова. Изд 2-е перераб. И доп. – М.: Издательский центр “Техинформ”, 2015. – 596 с.
11. Іщук Ю. Мастильні матеріали: класифікація та термінологія / Ю. Іщук, М. Гінзбург, Є. Кобилянський, С. Коваленко, Б. Ярмолюк // Катализ та нефтехимия. – 2015. – № 13. – 9–19 с.
12. Boichenko S. V. Aviation Fuels and Lubricants: Manual / S. V.Boichenko, M. M. Zakharchuk. – К.: NAU, 2012. – 184 p.
13. Черножуков Н.И. Химия минеральных масел. / Черножуков Н.И., Крейн С.Э., Лосиков Б.В. – М.: Гостоптехиздат, 1999. – 415 с.
14. Остриков, В. В. Смазочные материалы и контроль их качества в АПК: учеб. пособ. для вузов / В. В. Остриков. - М.: Росинформатех, 2013. - 172 с.
15. Гнатченко, И.И. Автомобильные масла, смазки и присадки: Справочное  
    пособие. /И.И. Гнатченко. – М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: ООО  
    «Издательство «Полигон»», 2007. – 360 с.
16. Самойлова, Е.В. Присадки и способы смазывания пар трения/Е.В.  
    Самойлова// Известия ПГУПС. – 2012. – Вып. №1. – 285-296 с.
17. Резников, В.Д. Зарубежные масла, масла, присадки, технические  
    жидкости: ассортимент, свойства/ В.Д. Резников и др. ISBN:978-5-89551-  
    016-2 – М.: «Изд.центр «Техинформ»» МАИ, 2010. – 385 с.
18. Кулиев, А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам/ А.М.  
    Кулиев – Л.: Химия, 1995. – 312 с.
19. Шадрин С.В. Эксплуатационные материалы: метод. указания/ - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2016. – 35с.
20. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей. Справ. изд. – М.: Химия, 2010 – 232 с.
21. Денисов, А.С. Теоретические предпосылки изменения моюще-диспергирующих и вязкостных свойств моторного масла в процессе работы форсированныхдизелей / А.С. Денисов, А.О. Носов, А.Р. Асоян // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. - №2. -129-134 с.
22. Долгова, Л.А., Обеспечение рационального ресурса моторного масла в двигателях / Л.А. Долгова, В.В. Салмин // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2012. – № 2-1. – С. 46-56.
23. Егоров, А.В. Оценка работоспособности моторных масел/ А.В. Егоров Ю.М. Новиков, Е.В. Зубова, В.В Вахрушев, П.И. Вшивцев//Вестник ЧГАА.  
    Том 68. – 2016. – С. 31-34.
24. Корнеев, С.В. Оценка достоверности прогнозирования периодичности  
    смены моторного масла в двигателях/ С.В.Корнеев, А.П.Серков// Омский  
    научный вестник. Машиностроение и машиноведение. – 2015. –  
    Вып.№1(127). – С. 62-65.
25. Ненашев, М.В. Диагностическая система для контроля качества моторных  
    масел / М.В. Ненашев, И.Д. Ибатуллин, А.С. Марков, В.С. Марков,  
    С.Г.Емельянов // Известия Самарского научного центра Российской  
    академии наук. – 2016. Т.16. – Вып. №1-2. – С. 464-467.
26. Егоров, А.В. Особенности оценки служебных свойств работающих  
    моторных масел / А.В. Егоров, С.О.Черепахин, Е.В. Зубова, В.В Вахрушев,  
    А.М. Попов //АПК России.– 2016. - Том 73. – С. 49-57.
27. Станковски, Л. Классификация отработанных смазочных материалов и показатели их качества / Л. Станковски, Р. О. Чередниченко, В. А. Дорогочинская // Химия и технология топлив и масел, 2010. - №1.- С. 8-11.
28. Станьковски Л. Классификация отработанных смазочных масел и показатели их качества / Станьковски Л., Чередниченко Р.О., Дорогончинская В.А. // Химия и технология топлив и масел. – 2010. – №1(557). – С. 8-12.
29. Тимохов, Р.С. Оценка показателей качества моторного масла и его замена  
    согласно фактическому состоянию/Р.С. Тимохов, К.С. Евдокимова, О.М.  
    Тимохова//Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т.2. – Вып. №5-4(10-4). – С.103-106.
30. Ковальский, Б.И. Методика контроля состояния моторных масел в  
    процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания/ Б.И.  
    Ковальский, В.Г.Шрам//Вестник Тувинского государственного  
    университета. - 2016. – Вып. № 3. – С. 95- 101.
31. Фокин Н.Н. Программно-аппаратный комплекс контроля вязкостно-температурных свойств моторный масел электропараметрическим методом//II Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективы развития информационных технологий». Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. – 2015. – С. 221-225.
32. Бойченко С. В. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів: навч. посіб. / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, В. Ф. Новикова [та ін.]. – К.: НАУ, 2012. – 316 с.
33. Окоча А.І. Моторні оливи вітчизняні та імпортні (класифікація, позначення, взаємозамінність, властивості, рекомендації) / Окоча А.І. // Аграрна техніка та обладнання. – 2009. – № 1(6). – С. 54-59.
34. Влияние некоторых физико-химических показателей моторного масла на технико-экономические и ресурсные показатели поршневых бензиновых двигателей / А. Ю. Шабанов, А. Б. Зайцев, И.С. Кудинов и др. // Двигателестроение. — 2011. — № 1. — С. 24–28.
35. Григорьев, М. А. Качество моторного масла и надежность двигателей / М.  
    А. Григорьев, Б. М. Бунаков, В. А. Долецкий. - М.: Издательство  
    стандартов, 1981. - 232 с.
36. Королев А.Е. Старение моторного масла/ А.Е. Королев, Н.В. Храмцов//  
    Известия Тульского государственного университета. – 2015. - №4. – с.134-  
    138.
37. Шостаківський І.І. Старіння мастильних олив та аналіз суперечностей систем оцінки їх стану / Шостаківський І.І., Парайко Ю.І. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ : всеукр. наук.-техн. журн. - Івано- Франківськ : Факел. - 2004. - №4(13). – С. 135 - 142.
38. Храмцов Н.В. Старение моторного масла / Храмцов Н.В., Королев А.Е. // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014. – Вып.4. – С. 134 – 138.
39. Черножуков Н.И. Окисляемость минеральных масел. / Черножуков Н.И., Крейн С.Э. – М.: Гостоптехиздат, 1995. – 372 с.
40. Влияние топлив на старение моторных масел в автомобильных дизелях / В. А. Артемьев, Д. В. Бойков, М. А. Григорьев и др. // Химия и технология топлив и масел. - 1993. - № 5. - С. 11 – 13.
41. Винцаревич, А.В. Исследование динамики изменения физико-химических показателей моторного масла при работе двигателя на холостом ходу/ А.В.Винцаревич, А.А. Метелев, А.Б. Зайцев, А.Ю. Шабанов//Неделя Науки СПбГПу Материалы научно-практической конференции с международным участием. Институт энергетики и транспортных систем. – 2015. – С. 5-8.
42. Соколов А.И. Изменение качества масла и долговечность автомобильных двигателей: Монография / Соколов А.И. – Томск. – 1976. – 120 с.
43. Современные методы очистки и регенерации отработанных смазочных масел: препринт / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, А.В. Юдин, О.Н. Петров. – Красноярск: Изд-во Сиб.федер. ун-та, 2018. – 104 с.
44. Олишевская В.Е. Сравнительний анализ технологий регенерации автомобильных смазочных материалов / Олишевская В.Е., Олишевский Г.С. // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышлености и транспорта. – 2018. – №4. – C. 180- 192.
45. 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). – C. 79-82.
46. Шашкин П.И. Регенерация отработанных нефтяных масел / Шашкин П.И., Брай И.В. – М.: Химия, 1970. – 304 с.
47. Пат. 58374 Україна, (51) МПК С10М 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.
48. R. Abu-Elella Used motor oil treatment: turning waste oil into valuable products / R. Abu-Elella, M.E. Osmann, R. Farouq, M. Abd-Elfatah // International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. – 2015. – №7. – P. 57-67
49. П.В. 39415 Україна МКВ С10М 175/00, 175/02. Спосіб регенерації відпрацьованого моторного мастила / Симоненко О.П., Узденніков М.Б., патентовласник Донецький державний університет. – № 97062989; заявл. 23.06.1997; опубл. 15.06.2001. Бюл. № 5.
50. 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.
51. Recycling possibilities and potential uses of used oils. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cprac.org/docs/olis_eng.pdf>.
52. Евдокимов А.Ю. Смазочные материалы в техносфере и биосфере: екологический аспект / Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Любишин И.А. – К.: Атика-Н. – 2012. – 292 с.
53. 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. – C.331-335.
54. 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.
55. Блинов А.О. Оценка методов очистки моторных масел для их повторного использования / Блинов А.О., Игнатенков М.М. // Colloquium-journal. – 2018. – № 7(18). – C. 62-65.
56. Батюшков Д.И. Исследование технологии регенерации отработанных масел физическими методами / Батюшков Д.И. // Научный журнал «Апробация». – 2013. – №4(7). – C. 5-6.
57. Курмаев Р.Н. Выбор и обоснование метода утилизации отработанных масел на крупных промышленных предприятиях / Курмаев Р.Н., Глушанкова И.С., Вайсман Я.И. // Transport. Transport facilities. Ecology. – 2016. – № 1. – C.38-51.
58. 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). – C. 95-100.
59. Станьковский Л. Коагуляция отработанных смазочнных масел как способ их подготовки к вакуумной перегонке / Станьковский Л., Молоканов А.А., Чередниченко Р.О., Дорогочинская В.А. // Мир нефтепродуктов. – 2012. – № 6. – C. 16-19.
60. 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.
61. 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.
62. Пат. 2246533 Российская федерация, МПК С10М175/02. Способ очистки отработанного масла / Толтинова Л.А.; Солянов А.Н.; Хорошев С.В.; Сиротина В.В., заявитель и патентообладатель: – Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский технологический институт». – № 2002134870/04. – заявл. 23.12.2002, опубл. 20.02.2005.
63. Пат. 2528421 Россия, МПК С10М175/02. Способ очистки моторного масла от продуктов старения и загрязнений / Остриков В.В.; Попов С.Ю.; Зимин А.Г., заявитель и патентообладатель: – Государственное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии). – № 2013130794/04. – заявл. 04.07.2013, опубл. 20.09.2014.
64. 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.
65. Григоров А.Б. Комплексная переработка отработанных моторных масел / Григоров А.Б. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2018. – № 5(99). – C. 40-44.
66. Пат. 100835 Україна, (51) МПК С10G 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.
67. Гриценко В.О. Применение микрофильтрации для регенерации отработанных моторных масел. / Гриценко В.О., Орлов Н.С. // Критические технологии. Мембраны. – 2012. – № 16. – C. 10-16.
68. Братичак М.М., Топільницький П.І., Лазутіна О.М. Регенерація відпрацьованих нафтових олив // Газ і нафта. Енергетичний бюлетень. – № 3 (63), березень 2017 р.
69. Рудник М.И., Кичигин О.В. Технология переработки и утилизации нефтемаслоотходов с применением оборудования "ИНСТЭБ" // Мир нефтепродуктов. – 2014. – №4.
70. Школьников В.М., Гордукалов А.А., Юзефович В.И., Петросова М.Р. Анализ зарубежных подходов к проблеме утилизации отработанных нефтепродуктов // Мир нефтепродуктов. – 2014. – №1.
71. Кульшенко С.В. Проблема создания в Украине отрасли утилизации отработанных нефтепродуктов: 1-я конференция с международным участием // 5–6 февраля 2017 г, Харьков.
72. Пальгорскитные глины для очистки отработанных нефтяны масел/ Евдокимов А. Ю., Ахад А., Фалькович М. И. [и др.] // Химия итехнология топлив и масел. – 1992. – № 6. – С. 14-15.
73. Особенности химической активации бентонитов: труды научнотехнической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов» / М.С. Мальований, І.М. Ільків, О.М. Креховецький, М.І. Санніков. – Х., 2011. – Т. 3. – С. 656-657.
74. Isah, A. G.; Abdulkadir, M.; Onifade, K. R.; Musa, U.; Garba, M. U.; Bawa, A. A and Sani, Y. (2013). Regeneration of Used Engine Oil, Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol I, London, U.K.
75. Чудиновских, А.Л. Комплекс методов лабораторной оценки моторных масел – как оперативный способ определения качества/А.Л. Чудиновских, В.Л. Лашхи, А.Н. Первушин, В.Г. Спиркин// Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – Вып. №5(76). – С. 40-42.
76. Коваленко, В. П*.* Загрязнение и очистка нефтяных масел: учеб. пособ. для  
    вузов / В. П. Коваленко. - М.: Химия, 1978. - 304 с.
77. Лаушкин, А.В. Теоретические аспекты изменения щелочного числа моторного масла при работе силовой установки/А.В. Лаушкин, А.А. Хазиев.// Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – Вып. № 1. – С. 88-94.
78. Чайка О. Г. Попередження забруднення навколишнього природного середовища відпрацьованими моторними оливами / О. Г. Чайка. – Суми, 2012. – 24 с.
79. Кулик М. І. Екологічний та економічний аспекти утилізації відпрацьованих моторних мастил / М. І. Кулик // Збірник наукових праць ХІІІої Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика». – К. : «Талком», 2014. – С. 155 – 158.
80. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.pulscen.com.ua/price/040112-mazut-m-100>.
81. Чайка О.Г. Моніторинг утворення відпрацьованих олив в Україні/ О. Г. Чайка, О. З. Ковальчук, Ю. А. Чайка // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2009. – № 644. – С. 221 – 224.
82. Маколова Л. В. Экологические предпосылки необходимости восстановления и повторного использования отработанных автотракторных масел / Л. В. Маколова //Экономический вестник Ростовского государственного университета. – TERRA ECONOMICUS, 2011. – Т. 9. – № 3. – Ч. 3. – С. 60 – 63.
83. Буріченко Л.А*.* Охорона праці в авіації / Буріченко Л.А., Гулевець В.Д. – К.: НАУ, 2013. – 448 с.
84. Природне и штучне освітлення: ДБН В.2.5-28-2006. – Офіц. вид. – К.: Мінбуд України, 2006. – 67 с.
85. Михайлюк В.О. Халмурадов Б.Д. Цивільна безпека: Навч. посіб. – К.: Центр навчальної літератури, 2008. -168 с.
86. Вибір типу та визначення необхідної кількості первинних засобів пожежегасіння. Навчально-методичне видання. Русаловський А. В., канд. техн. наук, доцент Кошуков О.В., канд. техн. наук, доцент Петренко Т.В., ст. викладач.
87. Русаловський А.В. Методичні вказівки до виконання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах і роботах. Для студентів всіх спеціальностей освітньо кваліфікаційних рівнів “спеціаліст” та “магістр”. ʺРозрахунок природного освітленняʺ – К.: НАУ, 2006. – 21с.