

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет

Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту  
ім. М.Я. Говорущенко

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
магістра

Дослідження зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи  
при експлуатації автомобіля Renault scenic

Завідувач кафедрою, проф., д.т.н.



Володимир ВОЛКОВ

Нормо контролер, доц., к.т.н.



Ігор МАРМУТ

Керівник, доц., к.т.н.



Михайло НАГЛЮК

Студент гр. А-62-24



Богдан ГАРАЖА

Харків, 2025

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Автомобільний

Кафедра Інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говорущенко

Освітній рівень Магістр

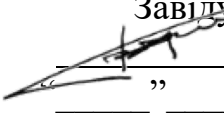
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма Автомобільний транспорт

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

проф. Волков В.П.

 ” \_\_\_\_\_ 2025р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту  
Гаражі Богдану Олександровичу

1. Тема роботи: Дослідження зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

Затверджена наказом по університету від “8” жовтня 2025 р. №155


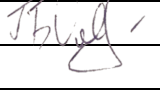
2. Термін здачі студентом закінченої роботи 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту Законодавчі і нормативні документи, літературні джерела та інтернет-ресурси за темою роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки Вступ. Обґрунтування роботи. Аналіз методів визначення якості олив. Аналіз сучасних класифікацій моторних олив. Аналіз факторів що впливають на періодичність заміни олив. Експериментальне дослідження. Техніко-економічна оцінка. Висновки.


5. Перелік графічного матеріалу Класифікація в'язкості за SAE. В'язкість та щільність моторних олив. Класифікація та маркування моторних олив. Значення фізико-хімічних показників працюючих олив. Схема забруднення моторної оливи при експлуатації. Експериментальне обладнання. Результати аналізу показників працюючої оливи. Висновки.

6. Консультації по проекту, із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Всі розділи	доц. Наглюк М.І.		


7. Дата видачі завдання 03.09.2025

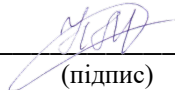
Керівник   
(підпис)

Завдання прийняв до виконання   
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	1-10.09.25	Вик.
2	Обґрунтування роботи	11-20.09.25	Вик.
3	Аналіз методів визначення якості оливо	21-30.09.25	Вик.
4	Аналіз сучасних класифікацій моторних оливо	1-10.10.25	Вик.
5	Аналіз факторів що впливають на періодичність заміни оливо	11-20.10.25	Вик.
6	Експериментальне дослідження	21.10-30.11.25	Вик.
7	Техніко-економічна оцінка	1-5.12.25	Вик.
8	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	16.12.25	Вик.

Студент-дипломник  Богдан ГАРАЖА  
(підпис)

Керівник доц.  Михайло НАГЛЮК  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 72 сторінки, 22 рисунки, 6 таблиць, 9 джерел, 1 додаток.

**АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЯКІСТЬ ОЛИВИ, БРАКУВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ, ЕКСПЕРИМЕНТ, В'ЯЗКІСТЬ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, АВТОМОБІЛЬ.**

Об'єкт дослідження – процеси зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи при експлуатації автомобілів.

Мета роботи – визначення оптимальних термінів служби моторної оливи шляхом вивчення її фізико-хімічних властивостей, що дозволяє збільшити тривалість служби оливи.

Методи дослідження – метод аналізу, експериментальні методи із застосуванням сучасних методик, встановлених у ДСТУ. Обробка отриманих результатів проводилася із використанням методів математичної статистики.

В кваліфікаційній роботі виконано аналіз класифікацій моторних олив, бракувальних показників, методів контролю фізико-хімічних властивостей моторних олив та факторів, що впливають на періодичність заміни оливи. Отримані результати зміни в'язкості, температури спалаху та густина моторної оливи SAE 5W-40 при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

## ABSTRACT

Thesis: 72 pages, 2 figures, 6 tables, 9 sources, 1 appendices.

ANALYSIS OF FACTORS, OIL QUALITY, DEFECTIVE INDICATORS, EXPERIMENT, VISCOSITY, OPERATION, CAR.

The object of study – the processes of changing the physicochemical properties of motor oil during the operation of cars.

The purpose of the work is to determine the optimal service life of motor oil by studying its physicochemical properties, which allows to increase the service life of the oil.

Research methods – method of analysis, experimental methods with the use of modern methods established in GOST and DSTU. Processing of the obtained results was carried out using the methods of mathematical statistics.

The qualification work analyzed the classifications of motor oils, defective indicators, methods of controlling the physicochemical properties of motor oils and factors affecting the frequency of oil replacement. The results of the change in viscosity, flash point and density of SAE 5W-40 motor oil during the operation of the Renault Scenic car were obtained.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Обґрунтування роботи.....	9
1.1 Предмет дослідження.....	9
2 Аналіз методів визначення якості оливи.....	11
2.1 Методи визначення якості оливи .....	11
2.2 Методи фізичного аналізу .....	11
2.3 Методи хімічного аналізу .....	23
3 Аналіз сучасних класифікацій моторних оливи.....	27
3.1 Класифікація оливи за SAE .....	33
3.2 Класифікація оливи за ACEA.....	33
3.3 Класифікація оливи за API .....	36
4 Аналіз факторів що впливають на періодичність заміни оливи.....	41
4.1 Фактори впливу на періодичність заміни оливи .....	41
4.2 Забруднення моторної оливи при експлуатації .....	43
5 Експериментальне дослідження.....	46
5.1 Визначення густини в'язких нафтопродуктів .....	47
5.2 Методика визначення кінематичної в'язкості .....	47
5.3 Визначення температури займання нафтопродукту .....	51
6 Техніко-економічна оцінка .....	57
Висновки .....	60
Перелік посилань.....	61
Додаток А.....	62

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Експлуатація транспортних засобів, особливо комерційного транспорту, потребує підвищеної уваги до стану двигуна та використання моторних олив. Моторна олива забезпечує зменшення тертя між деталями, охолодження, захист корпусу та зниження зносу. Однак при тривалій та інтенсивній експлуатації олива зазнає змін у своїх фізико-хімічних властивостях, що може призвести до погіршення її захисних та експлуатаційних характеристик, підвищеного зносу деталей двигуна. Вивчення процесів деградації моторної оливи SAE 5W-40 в умовах нормальної експлуатації автомобіля дозволяє краще зрозуміти, які причини та якою мірою впливають на зміну його властивостей. Ці дані важливі для вибору оптимальних інтервалів заміни оливи та підтримки двигуна у справному стані. Крім того, виявлення закономірностей у забезпеченні фізико-хімічних характеристик оливи дає змогу підвищити економічність та безпеку експлуатації автомобілів, знизити витрати на обслуговування та збільшити ресурс агрегатів та двигуна.

**Зв'язок роботи з науковими планами і темами.** Наукова робота пов'язана з тематикою досліджень кафедри інжинерінгу систем автомобільного транспорту. Спрямована на наукову систематизацію й узагальнення основних закономірностей змінення технічного стану транспортних засобів та якості застосовуваних експлуатаційних матеріалів під час експлуатації в різних умовах.

**Мета і завдання роботи.** Мета кваліфікаційної роботи полягає у визначенні оптимальних термінів служби моторної оливи шляхом вивчення її фізико-хімічних властивостей, що дозволяє збільшити тривалість служби оливи.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати методи визначення якості олив;
- визначити сучасну класифікацію моторних олив;
- встановити фактори, які впливають на періодичність заміни олив;

- провести експериментальні дослідження.

**Об'єкт дослідження** – процеси зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи при експлуатації.

**Предмет дослідження** - зміна фізико-хімічних властивостей моторної оливи при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

**Методи дослідження.** У процесі вивчення стану питання за темою дипломної роботи застосовувався метод аналізу. При проведенні лабораторних і експлуатаційних досліджень - експериментальні методи із застосуванням сучасних методик, встановлених у ДСТУ. Отримані результати оброблялись із використанням методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в комплексному підході до вивчення зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи SAE 5W-40 при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований підхід під час експлуатації автомобіля Renault Scenic у заданих умовах дозволяє:

- використання отриманих результатів для підвищення надійності технічного обслуговування автомобіля та оптимізації режимів заміни моторної оливи;
- результати дослідження можуть бути використані для розробки нових технологій вдосконалення оливних матеріалів та поліпшення характеристик існуючих продуктів.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, основної частини, висновків та списку використаних джерел. У вступі подано обґрунтування актуальності теми, мету і завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення роботи. Основна частина включає розділи, присвячені аналізу фізико-хімічних властивостей олив, методам дослідження їхніх фізико-хімічних властивостей, а також експериментальним даним щодо зміни характеристик оливи під час експлуатації.

## 1 ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

В умовах міської експлуатації, моторна олива швидше погіршує свої фізико-хімічні властивості. Неправильний вибір інтервалів заміни оливи може призвести як до підвищених витрат через часті заміни, так і зменшення ресурсу двигуна в занадто тривалих інтервалах. Метою даної роботи є дослідження змін фізико-хімічних властивостей моторної оливи SAE 5W-40 за умов нормальної експлуатації автомобіля Renault Scenic. При дослідженні треба встановити закономірності зміни основних властивостей оливи і розробити рекомендації щодо інтервалів його заміни, адаптованих до умов експлуатації. Це дозволить знизити витрати на обслуговування та продовжити термін служби двигунів. Завдяки можливості проведення наочного експерименту на автомобілях різної моделі, різного року виробництва та оснащених різними силовими агрегатами ми маємо можливість порівняти фізико-хімічні характеристики однієї оливи в різних умовах. Через індивідуальні характеристики кожної моделі в залежності від перелічених вище факторів, вхідні дані для аналізу та дослідження, як і вихідні данні дослідження можливо буде структурувати для наочного огляду.

### 1.1 Предмет дослідження

Для дослідження було обрано легковий автомобіль Renault Scenic з бензиновим двигуном 1600 см<sup>3</sup> 2007 року випуску з пробігом 280 тис. км.



Рисунок 1.1 – Фото автомобіля Renault Scenic

Двигун Renault K4M потужний і надійний бензиновий мотор. Він відомий своєю надійністю, хорошою динамікою, економічною витратою пального та доступністю запчастин і простотою обслуговування, що робить його популярним вибором для міських та сімейних автомобілів. При правильному обслуговуванні ресурс мотора сягає 250-350 тисяч кілометрів.

Основні характеристики двигуна K4M наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальні характеристики двигуна Renault K4M

Характеристика	Показники
Об'єм двигуна, куб.см	1598
Максимальна потужність, л.с.	115
Максимальний обертальний момент, Н*м (кг*м) при об./хв.	152/4200
Використовуване пальне	Бензин А-92, А-95
Витрата палива, л/100 км:	
міський цикл	9,3
заміський цикл	6,0
змішаний цикл	7,2
Тип двигуна	Рядний, 4-циліндровий
Ступінь стиснення	10,0:1
Діаметр циліндра, мм	79,5
Хід поршня, мм	80,5
Нагнітач	Відсутній
Привід ГРМ	Ремінний
Кількість клапанів на циліндр	4
Ресурс двигуна, тис. км	250
Система живлення	Розподілене упорскування
Об'єм оливи, л	4,8

## 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ОЛИВ

Якість моторної оливи – ключовий фактор для підтримки ефективності та терміну служби двигуна. Регулярні тести якості моторної оливи допомагають своєчасно визначити необхідність його заміни та запобігти можливим поломкам двигуна. Особливо важливо стежити за рівнем оливи при експлуатації автомобіля в умовах різких перепадів температури або за жорстких умов експлуатації двигуна. Кожен з цих методів надає важливі дані, і разом вони дозволяють комплексно оцінити стан моторної оливи і вжити заходів щодо його заміни або відновлення властивостей. На сьогоднішній день завдяки новим технологіям та техніці ми маємо велику кількість методів для визначення якості оливи.

### 2.1 Методи визначення якості оливи

Основними методами визначення якості оливи:

- Метод фізичного аналізу. Серед фізико-хімічних властивостей оливи найголовнішими вважаються в'язкість, щільність та температура застигання.
- Метод хімічного аналізу. Серед хімічних показників найбільш значущими вважаються лужне та кислотне число, йодне число, перекисне число, число омилення та вміст фосфору та сірки.

### 2.2 Методи фізичного аналізу

#### 2.2.1 Визначення в'язкості оливи

В'язкість оливи - це міра опору течії. Є два числа, які визначають в'язкість оливи. Перше закінчується буквою "W", що означає "Winter" (зима). Ця цифра вказує на те, як тече олива при низьких температурах, наприклад, під час

запуску холодного двигуна. Друге число визначається тим, як тече олива при нормальних робочих температурах двигуна.

Чим менше число, тим краще олива тектиме. Таким чином, 5W-30 тектиме легше, ніж 10W-30, при температурах запуску, тоді як 10W-30 буде більш текучим, ніж 10W-40, при нормальних робочих температурах двигуна. Це важливо, оскільки при охолодженні моторні оливи зазнають природного загусання, стаючи більш текучими при нагріванні. Отже, легкі оливи з низькою в'язкістю більш текучі, захищаючи двигун при низьких температурах. А щільні оливи з високою в'язкістю краще підходять для збереження міцної масляної плівки та захисту двигуна за високих температур.



Рисунок 2.1 – Ілюстраційне порівняння в'язкості різних оливи при температурі мінус 20 °C

В'язкість належить до найважливіших фізичних характеристик оливи. Вона грає вирішальну роль при виборі відповідного оливного матеріалу. В'язкість залежить від температури і схильна до впливу спеціальних присадок. В'язкість оливи може змінюватися в процесі її експлуатації.

Значення в'язкості допомагає виробляти різницю між більш-менш густотечними і рідинними оливами.

Зі зниженням температури олива завжди густіє, тобто стає більш в'язким. Після досягнення температури твердіння воно вже настільки загусне, що зовсім не здатне текти. Навпаки, зростання температури веде до значного зниження в'язкості. Олива може стати дуже текучим. Ці зміни, обумовлені коливаннями температури, слід враховувати під час виборів оливних матеріалів. При цьому слід дотримуватися особливої обережності, оскільки в'язкісно-температурна характеристика в кожному конкретному випадку залежить від типу оливи (рис.2.2). Навіть оливи різних виробників з однаковою в'язкістю, скажімо, при 40 °С можуть мати різні властивості при 0 °С або при 100 °С.



Рисунок 2.2 – Діаграма залежності в'язкості оливи по SAE від температури повітря

Олива густіє також із зростанням тиску. Залежність в'язкості від тиску також відноситься до характеристик, що визначаються властивостями конкретного оливного матеріалу; Тим не менш, цю залежність найчастіше можна знехтувати, так як при тиску нижче 400 бар вона майже не відіграє ролі. Зміна в'язкості на кожні 100 бар підйому тиску незмірно менша, ніж на кожні 10 °С зростання температури. Проектувальники гідравлічних систем та окремих вузлів високого тиску враховують вплив тиску на в'язкість завжди з урахуванням одночасного впливу температури.

Основні причини зростання в'язкості моторної оливи:

- У процесі експлуатації олива під впливом температури поглинало кисень і окислилося;
- Спрацювання інгібіторів окислення або присадок, що уповільнюють старіння;
- Збільшення продуктів старіння та окиснення (кислоти, осад, нерозчинний в оливи тощо);
- Утвориння лакових відкладенн (смола чи шлам);
- Олива забруднена частинками сажі, пилу, механічними домішками, містить воду або залишки палива тощо.
- При доливіці оливи було використано невідповідний сорт оливи.

Основні причини зниження в'язкості:

- Присадка, що покращує індекс в'язкості, виявилася нестійкою до зсуву і сталося її зменшення;
- Олива розведена незгорілим паливом (неповне згорання);
- У змащувальну систему залите або долито надто рідку оливу чи оливу невідповідного сорту;
- Перед заправкою масляну систему очищали рідкою промивною оливою. Має місце змішування із залишками промивної оливи.

В даний час єдиною визнаною в зарубіжних країнах системою класифікації автомобільних моторних олів є специфікація SAE J300. SAE - це аббревіатура товариства автомобільних інженерів США (Society of Automotive Engineers).

В'язкість оливи за цією системою виражається в умовних одиницях - класів в'язкості SAE (SAE Viscosity Grade - SAE VG). Чисельні значення класів є умовними символами комплексу в'язкістних властивостей ( табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Класи в'язкості SAE для моторних олив (SAE J300 APR97)

Клас в'язкості	Низкотемпературна в'язкість		Високотемпературна в'язкість		
	Проворачиваємість	Прокачиваємість	в'язкість при 100°C, cСт		в'язкість при 150°C і швидкості 10 <sup>s</sup> c <sup>-1</sup> ,
	Максимальна в'язкість, сП		min	max	
	при темпер.*	при темпер.**			
0W	3250 при -30°C	60000 при - 40°C	3,8		
5W	3500 при -25°C	60000 при - 35°C	3,8		
10W	3500 при 20°C	60000 при - 30°C	4,1		
15W	3500 при-15°C	60000 при - 25°C	5,6		
20W	4500 при-10°C	60000 при - 20°C	5,6		
25W	6000 при -5°C	60000 при -15°C	9,3		
20			5,6	<9,3	2,6
30			9,3	<12,5	2,9
40			12,5	<16,3	2,9***
40			12,5	<16,3	3,7****
50			16,3	<21,9	3,7
60			21,9	<26,1	3,7

Примітка: 1сСт = 1 мм<sup>2</sup> / с; 1сП = 1мПа с;

\* При запуску холодного двигуна, в'язкість провертання, вимірюється на вискозиметре CCS;

\*\* У відсутності напруги зсуву, вимірюється на вискозиметре MRV;

\*\*\* Для олив SAE OW-40, 5W-40 , 10W-40;

\*\*\*\* Для олив SAE 15W-40, 20W-40, 25W-40.

За специфікацією SAE J300, в'язкості олив визначаються за умов, близьких до реальних. Літня олива має достатню в'язкість, щоб забезпечити надійне змащування при високій температурі, але воно занадто в'язке при низькій температурі, в результаті чого при низькій температурі повітря утрудняється пуск двигуна. Мало в'язке зимова олива полегшує холодний пуск двигуна при низькій температурі, але не забезпечує його змащування влітку, коли температура оливи в двигуні перевищує 100°C. Саме з цих причин найбільшого поширення сьогодні отримали всесезонні сорти олив, які мають меншу залежність в'язкості від температури (рис. 2.3).

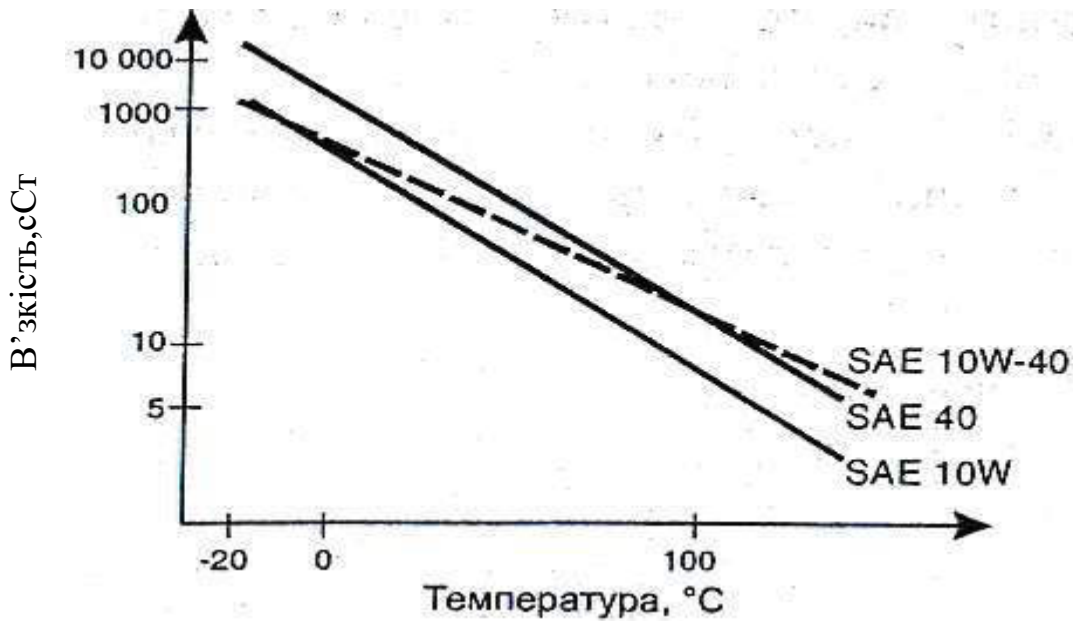


Рисунок 2.3 – Залежність в'язкості моторної оливи від температури (сезонні SAE 10W, SAE 40 і всесезонного SAE 10W-40)

Таким чином клас в'язкості SAE допомагає визначити діапазон температури навколишнього середовища, при якому олива забезпечить нормальну роботу двигуна - його провертання стартером, прокачування оливи насосом по змащувальній системі при холодному пуску і надійне змащування влітку при тривалій роботі в режимі максимальних швидкостей і навантажень.

Метод визначення кінематичної в'язкості оливи є стандартним лабораторним методом вимірювання плинності оливи при зміні температури. Кінематична в'язкість – це відношення динамічної в'язкості до щільності рідини, що вимірюється в умовах вільного визначення при визначенні сили тяжіння. Вона виявляється у саністоксах (сСт, сСт) і з допомогою спеціальних приладів – капілярних віскозиметрів.

Для вимірювання кінематичної в'язкості використовується капілярний віскозиметр (віскозиметр Оствальда або Уббелоді) . При вимірюванні в'язкості олив за допомогою віскозиметра Оствальда зазвичай можуть виникнути деякі труднощі, так як оливи мають більш високу в'язкість, ніж рідини для стандартного використання цього приладу. Однак за наявності відповідного

віскозиметра Оствальда з капіляром відповідного діаметра можливий вимір в'язкості олив.

Методика призначена для визначення кінематичної в'язкості скляним віскозиметром нафтопродуктів, рідких при температурі випробування, у яких напруга зсуву пропорційна швидкості деформації (ньютонівських рідин) та динамічної розрахунку. Сутність методу полягає у вимірі часу закінчення певного обсягу випробуваної рідини під впливом сили тяжіння.

Розбіжність результатів послідовних визначень, виконаних одним і тим же лаборантом, що працює на тому самому віскозиметрі в ідентичних умовах і на тому самому продукті, не повинна перевищувати 0,35 % від середнього арифметичного значення.

Динамічна в'язкість оливи – абсолютна в'язкість, визначається за допомогою віскозиметрів, які вимірюють опір перебігу оливи під впливом сили зсуву. Це важливий параметр, що впливає на можливість оливи утворювати змащувальну плівку. Зазвичай вимірювання динамічної в'язкості проводять за різних температур, щоб зрозуміти, як змінюються властивості оливи при нагріванні або охолодженні. Для визначення динамічної в'язкості використовували такі засоби:

Ротаційні віскозиметри – це прилади, призначені для вимірювання динамічної в'язкості рідин шляхом створення обертового руху в кінцевій рідині. На відміну від капілярних віскозиметрів, які вимірюють в'язкість шляхом протікання рідини через трубку порожниною рота, ці віскозиметри визначають в'язкість на основі опору рідини обертанню, що дозволяє використовувати їх для більш в'язких матеріалів, таких як оливи, пасти і навіть полімери (рис.2.4).

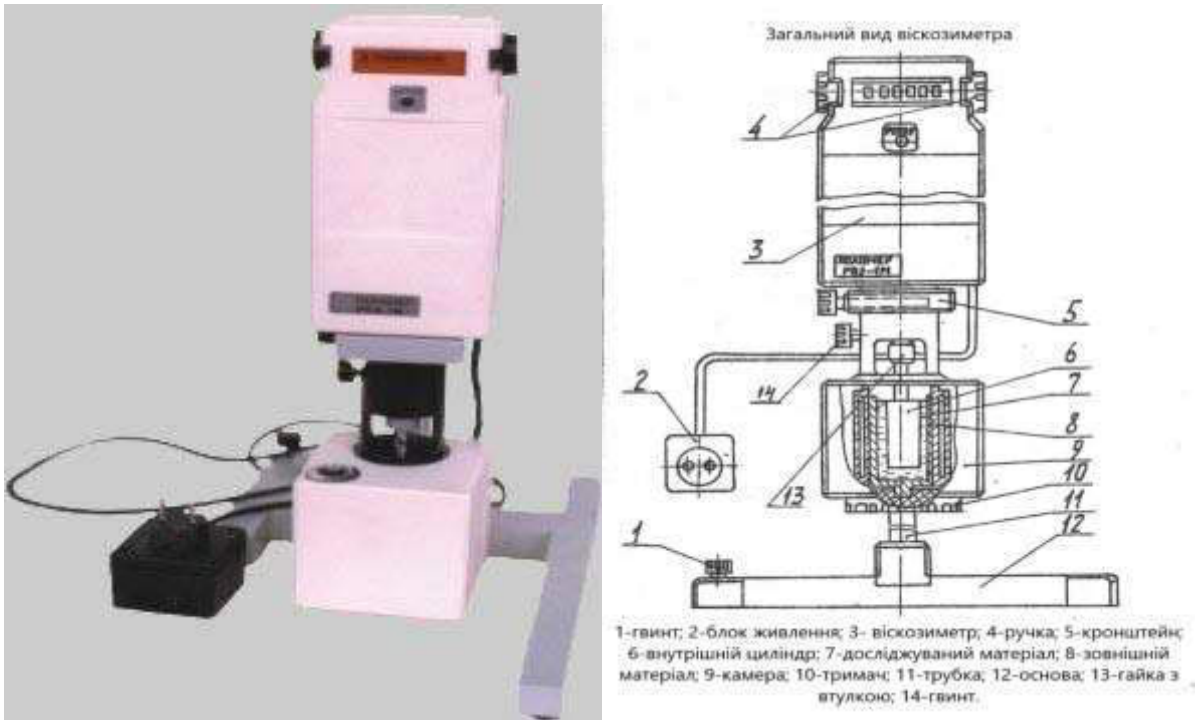


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд віскозиметра типу «ПОЛІМЕР РРЕ-1М»

На рисунку 2.4 представлено загальний вигляд віскозиметра. Для встановлення значення швидкості зсуву призначений циліндричний перемикач 4 зліва, значення геометричного коефіцієнта приладу - циліндричний перемикач 4 справа, кнопка пуску/зупинки приладу розташована під цифровим індикатором. Цифровий індикатор призначений для відображення розрахованої в'язкості од. СІ. Для підтримки постійної температури матеріалу 7 віскозиметр обладнаний термостатуючою камерою 9, яку поміщаються зовнішній 8 і внутрішній 6 циліндри.

- Циліндричні віскозиметри (тип Кетта). Складаються з двох циліндрів, один з яких занурений у рідину та обертається навколо своєї осі. Внутрішній чи зовнішній циліндр може бути фіксованим під час іншого обертання. В'язкість визначається на основі речовини, яка діє на циліндр, що обертається.

- Конічні віскозиметри - це тип ротаційних віскозиметрів, які вимірюють в'язкість рідини за допомогою обертання конуса, встановленого над плоскою пластиною. Такі віскозиметри дозволяють отримувати високоточні вимірювання і особливо корисні для дослідження властивостей реологічних рідин, таких як оливи, креми, емуль.

### 2.2.2 Визначення щільності оливи.

Щільність моторної оливи - це візуальна характеристика, що показує масу оливи в одиниці об'єму. Зазвичай вона вимірюється у кілограмах на кубічний метр ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) або у грамах на кубічний сантиметр ( $\text{г}/\text{см}^3$ ).

Більш щільні оливи мають більший вміст вуглеводнів і можуть мати кращі змащувальні властивості, але занадто висока щільність може утруднити циркуляцію оливи в двигуні, особливо при низьких температурах.

Вимірювання щільності оливи може здійснюватися різними методами, які залежать від рівня точності, вимог до процесу та обладнання.

Ареометричний метод вимірювання густини оливи — це один із найпростіших методів, який широко використовується для визначення густини рідин, у тому числі й оливи. Основою цього методу є використання ареометра - приладу, що є скляною трубкою з обтяженим дном, яка занурюється в рідину. Глибина занурення ареометра залежить від густини рідини. Ареометр діє на основі закону Архімеда, згідно з яким тіло, занурене в рідину, витісняє об'єм, що дорівнює його вазі. Чим менша освітленість рідини, тим глибше занурюється ареометр. На ареометрі нанесена шкала, за якою можна безпосередньо зчитувати значення густини рідини. На рисунку 2.5 приведена різна щільність олив різної в'язкості.

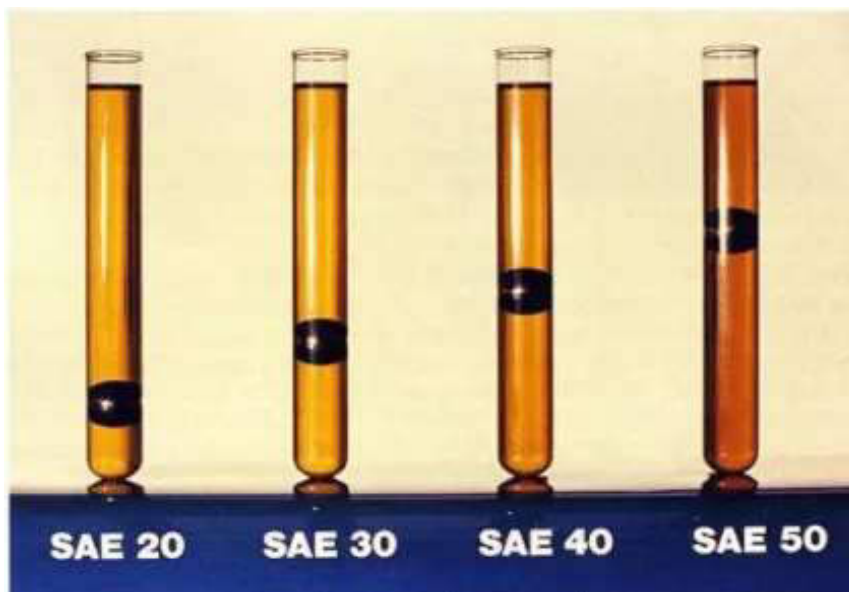


Рисунок 2.5 – Порівняння щільності олив

Пікнометричний метод вимірювання щільності оливи – це високоточний метод, який широко застосовується у лабораторіях. Він заснований на використанні пікнометра – спеціальної каструлі з відомим та фіксованим визначенням. Метод підходить для вимірювання щільності не тільки рідин, а й рідких та газоподібних речовин.

### 2.2.3 Визначення температури застигання та спалаху моторної оливи.

Моторна олива повинна зберігати свої низькотемпературні властивості і забезпечувати надійну роботу двигуна, тому важливо знати поведінку оливи при переході з рідкого стану в твердий і навпаки.

Температура застигання (температура початку плинності) – найнижча температура, при якій олива ще має деяку плинність. Визначається в стандартних умовах температура застигання на  $3^{\circ}\text{C}$  вище чинної температури затвердіння, при якій протягом 5 с олива знаходиться в нерухомому стані.

Температура помутніння – це температура, при якій з'являються дрібні кристали парафіну та олива каламутніє. Надалі кристали утворюють каркас і олива втрачає рухливість. Між кристалами олива залишається ще рідким і при сильному струшуванні плинність оливи може відновитися. Температура помутніння залежить від швидкості охолодження, термічної обробки оливи та від механічних впливів.

Температура застигання служить граничною мінімальною температурою розливу і, частково, експлуатації оливи. Мінімальна температура експлуатації моторних олив визначається за низькотемпературними характеристиками в'язкості та перекачування (див. табл. 2.1).

Температура плавлення моторної оливи - це температура, при якій олива починає переходити з твердого або загусного стану в рідке, що важливо для його експлуатаційних характеристик при низьких температурах. Для визначення температури плавлення моторної оливи, зазвичай лише злегка замінюють визначення температури застигання, так як моторні оливи при

оохолодженні не дотримуються справжньої твердої фази, а густіють, втрачаючи плинність.

Диференційна скануюча калориметрія. Цей метод дозволяє вимірювати температуру фазових переходів, таких як плавлення, для моторних оливо та інших в'язких рідин. За допомогою диференціального сканування калориметра зразок оливи нагрівається та охолоджується з контролем температурного режиму, при цьому фіксуються теплоємність та теплопровідність зразка. Температура, за якої спостерігається перехід від твердого (або в'язко пружного) стану до рідкого, фіксується як температура плавлення. Цей метод точний, але потребує спеціалізованого лабораторного обладнання.

Методи ASTM серії D:

- Метод ASTM D97 — це стандартний лабораторний метод, розроблений Американським товариством з випробування матеріалів для визначення температур застигання моторних оливо. Метод ASTM D97 полягає в поступовому охолодженні проби оливи та її плинності доти, поки олива повністю не перестане текти. Ця температура фіксується як температура застигання і допомагає зрозуміти, за якої мінімальної температури олива зможе виконати свою змащувальну функцію.

- Метод ASTM D5950 - це автоматизований метод визначення температури застигання моторних оливо. Метод ASTM D5950 заснований на автоматичному охолодженні зразка та використанні оптичного датчика для визначення моменту, коли олива перестає бути текучею. Цей метод підходить для лабораторій з високим завантаженням, де потрібне проведення великої кількості тестів у короткий термін.

- Метод ASTM D2500 призначений для визначення температур помутніння оливо, що особливо важливо для низькотемпературних характеристик.

Температура помутніння - це температура, при якій у оливі починають утворюватися воскові кристали, що роблять його каламутним. Цей показник допомагає прогнозувати, за якої температури олива починає втрачати плинність

і чи зможе вона надійно працювати в холодних умовах. Метод ASTM D2500 застосовується для того, щоб точно визначити початкову точку кристалізації в оливах, що містять парафіни, що дозволяє зрозуміти, як олива поводить себе при охолодженні.

- Метод ASTM D4684, (міні-ротаційна віскозиметрія (MRV)), використовується для визначення температур текучості моторних олив при низьких температурах. Цей метод дозволяє виміряти в'язкість оливи в умовах, близьких до запуску двигуна в холодну погоду, і визначити, за якої мінімальної температури олива залишається досить текучим для циркуляції. Метод ASTM D4684 вимірює низькотемпературні характеристики моторної оливи, вимірюючи його в'язкість після поступового охолодження та значної витримки при заданій температурі. Дозволяє визначити, як олива поводить себе при холодному запуску, і чи зможе воно забезпечити необхідну кількість оливи для деталей двигуна.

Температура спалаху – найнижча температура, при якій пари оливи, що нагрівається в стандартних умовах, утворюють з повітрям суміш, яка спалахує від відкритого вогню, але швидко гасне через недостатньо інтенсивне випаровування.

Температура займання – це та температура, при якій пари оливи, що нагрівається в стандартних умовах, утворюють з повітрям таку суміш, яка займається і горить від відкритого вогню не менше 5 с. Температура спалаху є показником пожежонебезпечної оливи. По ній можна судити про присутність в оливи летючих фракцій, які можуть швидко випаровуватися в двигуні, що працює, і збільшувати витрату оливи на чад. Зниження температури спалаху оливи свідчить про розведення оливи паливом.

Температуру спалаху визначають згідно з ISO 2592-2000 на апараті для визначення температури спалаху у відкритому тиглі ТВО (рис. 2.6). У відкритому тиглі визначають крім температури спалаху також температуру запалення. При визначенні температури спалаху варто звернути особливу увагу на прожарювання тигля, який зазвичай промивається бензином, наявність

залишків якого може відбитися на результатах аналізу, а також на рівномірність нагрівання (різна швидкість нагрівання призводить до результатів, що не можна порівняти).



Рисунок 2.6 – Апарат для визначення температури спалаху у відкритому тиглі

## 2.3 Методи хімічного аналізу оливо

### 2.3.1 Визначення кислотного числа оливи.

Кислотне число (КЧ) у моторній оливі — це показник, що характеризує вміст кислотних сполук, які можуть виникнути в процесі експлуатації оливи через окислення та забруднення. Кислотне число допомагає оцінити ступінь старіння оливи та її придатність для подальшого використання. Воно виражається у кількості міліграмів гідроксиду калію, необхідного для нейтралізації кислоти в 1 г оливи, і позначається як мг КОН/г.

Кислотні сполуки в оливі утворюються в результаті окислення, викликаного змінними температурами, викидами кисню, а також в результаті забруднення продуктів згоряння пального.

Підвищене кислотне число вказує на те, що олива може викликати корозію металевих частин двигуна, оскільки наявність кислотних продуктів розкладання збільшує агресивність оливи.

Вимір кислотного числа також допомагає контролювати стан оливи і вчасно його замінити, щоб уникнути пошкодження двигуна.

ASTM D664 — це метод визначення кислотного числа (КЧ) у моторних оливах та інших нафтопродуктах за допомогою потенціометричного титрування. Цей показник важливий для оцінки стану оливи та коригування необхідності його заміни.

### 2.3.2 Визначення йодного числа.

Йодне число — це показник, який характеризує ступінь ненасиченості олив та жирів, вказуючи на кількість ненасичених (подвійних) зв'язків у молекулах.

У більшості моторних олив йодне число використовується рідко, оскільки частіше застосовують для рослинних та тваринних жирів. Тим не менш, його можна застосувати до базових олив, щоб оцінити їхню стійкість до окислення.

Йодне число виражається в грамах йоду, які можуть додаватися до ненасичених зв'язків у значенні 100 г оливи. Чим вище йодне число, тим більше ненасичених зв'язків у оливі, що робить його більш сприйнятливим до окислення. У моторних оливах це важливо, оскільки ступінь ненасиченості може свідчити про схильність оливи до розкладання та окислення. Існує кілька методів визначення йодного числа, серед найбільш популярні методи Хануса і Віжера.

Метод Хануса — один з класичних методів визначення йодного числа олив, включаючи моторні оливи. Реакція проводиться з використанням реагенту Хануса, який є розчином бромованого йоду в крижаній оцтовій кислоті. У ході виконання йод додається до початкових зв'язків, і його надлишок, що залишився, потім нейтралізується для розрахунку йодного числа.

Метод Віжера — визначення йодного числа олив та рідин, який застосовується для оцінки ступеня ненасиченості сполук в оливах. Йодне число показує кількість подвійних зв'язків, що дозволяє оцінити стійкість оливи до окислення. Метод Віжера заснований на стані ненасичених зв'язків у оливі з

йодистим бромом у крижаній оцтовій кислоті. Йодистий бром при з'єднанні з фазою зв'язків у вуглеводнях, і його надлишок потім титрується, щоб визначити, скільки йоду приєдналося до молекул оливи.

### 2.3.3 Визначення перекисного числа.

Перекисне число — це показник, який характеризує вміст перекисів та гідроперекисів у моторній оливі. Ці сполуки відбуваються на пізніх стадіях окислення оливи за її впливу киснем, особливо за високих температурах. Перекисне число вказує на ступінь старіння окислювальною оливи, що дозволяє оцінити його ефективність для подальшого використання.

Перекисне число виражається в мільмолях активного кисню на кілограм оливи. Підвищена перекисна кількість вказує на те, що олива зазнало окислення, що з часом може призвести до погіршення його оливних властивостей та утворення кислотних продуктів, які можуть спричинити корозію деталей двигуна. Контроль перекисного числа допомагає оцінити стан оливи та визначити необхідність його заміни.

Визначення перекисного числа може застосовуватися кількома методами, але в більшості випадків використовується йодометричне титрування. Цей метод полягає в кількісному відношенні перекисів шляхом їх взаємодії з йодидом калію і подальшого титрування йоду, що виділився.

### 2.3.4 Визначення числа омилення.

Кількість омилення в моторній оливі — це показник, який визначає кількість гідроксиду калію (KOH), необхідне для нейтралізації та омилення одного грама оливи. Воно виражається в міліграмах KOH на грам оливи (мг KOH/г) та показує наявність у оливі сполук, здатних до гідролізу, таких як складні ефіри, органічні кислоти або оливи на основі рослинних компонентів. У моторних оливах цей показник зазвичай низький, оскільки він є основним показником насичених вуглеводнів, які не мають омилення.

Цей показник використовується для:

- Оцінки вмісту простих ефірів та інших компонентів, що омиляються, якщо в олива додані біорозкладні або синтетичні компоненти.
- Контролю якості оливи та виявлення сторонніх домішок, особливо якщо передбачається, що олива може бути забруднена органічними кислотами або нестабільними змінами.
- Вивчення стабільності оливи в умовах підвищених температур, оскільки сполуки, змінні омилення, схильні до розкладання та утворення кислотних продуктів, що може вплинути на корозійну активність оливи.

### 2.3.5 Визначення вмісту сірки.

Сірка додається в оливу для поліпшення антифрикційних та захисних властивостей, проте її надлишок може завдати шкоди деталям двигуна та вихлопної системи. Зміст сірки в моторному оливі зазвичай визначається методом рентген флуоресцентного аналізу (XRF) і, рідше, інфрачервоною спектроскопією (FTIR).

Рентген флуоресцентний аналіз (РФА) є основним для визначення сірки в моторних оливах завдяки своїй високій точності та швидкості. Зразок оливи випромінюється рентгенівськими променями, що викликають флуоресценцію атомів сірки. Інтенсивність цього досягається пропорційна кількості сірки в оливі.

### 3 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КЛАСИФІКАЦІЙ МОТОРНИХ ОЛИВ

На сьогоднішній день налічується три основні типи базової основи моторної оливи (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Класифікація моторних олив

Мінеральну оливу отримують природним шляхом, фактично це те, що залишається від нафти після перегонки її в бензин і дизель. Мінеральні – дешевші, менш стійкі до високих та низьких температур. Мінеральна олива – це моторні оливи, отримані шляхом переробки нафти. Мінеральні оливи проходять мінімальну хімічну обробку і залишаються ближчими до природної основи. Вони складаються з базових олив, до яких додають різні присадки для покращення властивостей. Мінеральні оливи вважаються традиційними та використовуються у двигунах з менш жорсткими умовами експлуатації.

Вони складаються з довгих вуглеводневих ланцюжків і більш схильні до розкладання при високих температурах, ніж синтетичні оливи. Мають досить

високу в'язкість, тому не завжди ефективні при екстремально високих або низьких температурах.

Мінеральні оливи рекомендуються для старих автомобілів та двигунів з низькою або середньою потужністю, де немає високих вимог до температурної стійкості. Часто використовуються в двигунах з великим пробігом і старих моделях. Мінеральні оливи менш стійкі до окислення та зносу, що призводить до більш частої необхідності їх заміни. При високих температурах їх в'язкість може різко знижуватися. Порівняно низька термостабільність та підвищена схильність до утворення відкладень та нагару у двигуні.

Напівсинтетична олива – є результатом доопрацювання мінеральної оливи, в яке додається частина синтетичної основи. Напівсинтетичні – суміш мінеральних та синтетичних олив, що забезпечує баланс ціни та якості.

Напівсинтетична олива – є сумішшю мінеральної та синтетичної оливи, що дозволяє об'єднати переваги обох типів. Це олива має покращені характеристики порівняно з мінеральним, але при цьому доступно за більш низькою ціною, ніж повністю синтетичні. Напівсинтетичні оливи ідеально підходять для двигунів, що вимагають більш стабільного захисту, ніж може запропонувати мінеральна олива.

Напівсинтетична олива містить близько 20-50% синтетичних компонентів, що покращує його термостабільність та змащувальні властивості. Завдяки синтетичній основі вона краще зберігає в'язкість і менше схильна до розкладання під впливом високих температур, ніж мінеральна олива.

Напівсинтетична олива підходить для сучасних двигунів з помірними навантаженнями, таких як двигуни легкових автомобілів та легких вантажівок. Рекомендується для автомобілів з помірним пробігом та умов змішаного водіння, де можливі як міські, так і трасові поїздки.

Напівсинтетична олива краще запобігає зносу, утворенню відкладень та забруднень у порівнянні з мінеральними оливими. Олива стабільніша при високих температурах і має більш тривалий термін служби.

Напівсинтетична олива менш стійка до екстремальних навантажень і температур, ніж повністю синтетична олива. Не підходить для двигунів з підвищеними вимогами до оливи, наприклад спортивних автомобілів або двигунів з турбонаддувом, де потрібні максимально високі показники якості.

Синтетична олива – це продукт, отриманий в результаті синтезу нафтового газу. Синтетичні – дорогі, але найефективніші та зносостійкі.

Синтетична олива – це високоякісна моторна олива, яка виробляється із застосуванням складних хімічних процесів. На відміну від мінеральних олив, одержуваних з природної нафти, синтетичні оливи створюються шляхом глибокої переробки та модифікації вуглеводневих молекул, що дозволяє отримати продукт із високим ступенем чистоти та стабільними експлуатаційними характеристиками. Завдяки своїм властивостям, синтетичні оливи забезпечують максимальний захист та ефективність роботи двигуна в найрізноманітніших умовах.

Синтетична олива має стабільно високу в'язкість і зберігає свої властивості при широкому діапазоні температур від низьких до високих. Відрізняється високою термостабільністю та мінімальним утворенням відкладень, що забезпечує чистоту двигуна та тривалий термін служби.

Синтетична олива рекомендується для сучасних автомобілів, особливо для високонавантажених двигунів, автомобілів з турбонаддувом, двигунів із системою безпосереднього упорскування, а також гібридних автомобілів. Підходить для автомобілів, що працюють в умовах екстремальних температур та високого навантаження, при спортивному керуванні, міському трафіку з частими зупинками та запусками, а також у спекотному чи холодному кліматі.

Синтетична олива довше зберігає свої властивості, не окислюється, що дозволяє значно збільшити інтервали заміни оливи. Широкий температурний діапазон. Синтетична олива зберігає плинність навіть за низьких температур, полегшуючи запуск двигуна взимку, і не втрачає в'язкість при високих температурах, що запобігає перегріву. Завдяки мініимальному утворенню

відкладень, синтетичне олива захищає двигун від нагару та шламу, забезпечуючи його чистоту.

Синтетична олива підходить для сучасних двигунів з високими вимогами до якості оливи, особливо для машин, які працюють в умовах екстремальних температур та навантаження. Вона допомагає підвищити паливну економічність, мінімізує зношування та збільшує термін служби двигуна.

Будь-яка моторна олива складається з основи і присадок. Під основою розуміється базова олива, саме за нею кінцевий продукт і відносять до одного з основних типів.

Високосірчиста мінеральна олива – її отримують з важких фракцій нафти, що суміщаються з розчинниками.

Низькосірчиста мінеральна олива – класична мінеральна олива, що минула очистку. Зазвичай в чистому вигляді вона являє собою продукт, різнорідний за своїм молекулярному складу.

Гідрокрекингова олива – це мінеральна олива, яка була піддана гідроочистці. У цьому випадку великі молекули руйнуються з метою вирівнювання властивостей оливи і створення однорідної структури. Зазвичай ця олива має торгову назву – НС-синтетика.

В чистому вигляді окремої напівсинтетичній основи не існує. Вона виходить шляхом змішування низькосірчистої мінеральної оливи і 100% синтетики. Водночас відсоток ПАТ в них не перевищує 30%. Додавання синтетики необхідно для стабілізації властивостей оливи, тому що в чистому вигляді мінеральна олива часто володіє великим дисонансом в характеристиках

100% синтетична олива – виробляється на основі поліальфаолефінів (ПАТ). В цьому випадку молекули проходять через хімічний синтез. В якості сировини використовується нафтовий газ, наприклад, децен. В результаті виходить рідина з однорідною структурою (рис.3.2).

Суперсинтетична олива – головна відмінність цього типу в наявність «естерів», це складні ефіри, що утворюються в результаті взаємодії спиртів і кислот. Іноді в якості основи таких олив може виступати поліалкіленгліколю.

Цей тип оливо досить дорогий, тому не такий популярний і затребуваний на ринку.

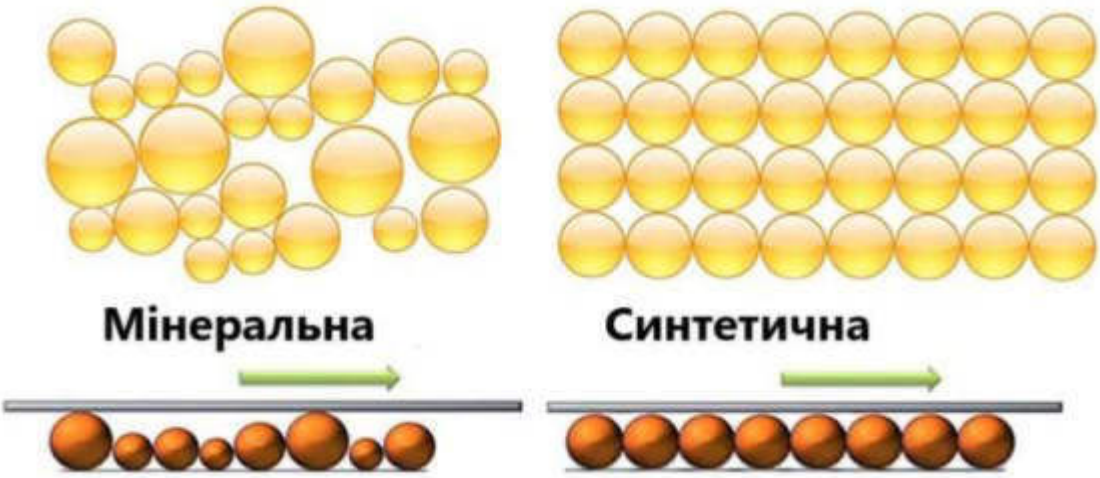


Рисунок 3.2 – Наглядна ілюстрація мінеральної та синтетичної оливи

На рисунку 3.3 наведено маркування синтетичної моторної оливи 5W-40.



Рисунок 3.3 – Маркування синтетичної моторної оливи

Один з головних експлуатаційних показників будь-якого оливного матеріалу це в'язкість. Вона відображає те, як олива поводитися у разі високого навантаження. Утворена плівка може бути дуже тонкою і легко буде рватися, що буде призводити до прискореного зносу стінок циліндрів. А якщо склад буде дуже густим, то плівка вийде занадто товста. Це також буде негативно позначатися на роботі двигуна, тому що надлишками можуть бути закоксовані оливнознімні кільця, обмеживши їх рухливість. В температурному діапазоні найменший розбіг мають мінеральні оливи, а найширший – синтетичні. Якщо дивитися на показник в'язкості при робочій температурі, то він повинен підбиратися з урахуванням інструкції виробника до транспортного засобу. На теперешній час для більшості автомобільних двигунів рекомендуються НС-синтетики і синтетичні оливи марки 5W-40, 5W-30, 0W-40, 0W-20 і 0W-16. Відрізняються синтетичні й напівсинтетичні оливи по швидкості окислення та по NOACK. Синтетична олива окислюється повільніше, вона довше буде залишатися прозорою і не помутніє, крім того, оливи цього типу менш схильні до чаду. Але коксові відкладення при угарі синтетичних складів дуже стійкі, і їх складно буде видалити.

Напівсинтетична моторна олива швидше окислюється і старіє, тобто у нього досить короткий термін служби, склад також схильний до чаду і володіє нестабільною в'язкістю протягом часу своєї експлуатації. Змащувальна система в старих двигунах розрахована на мінімальну кінематичну в'язкість оливи при холодному старті, а також через використання сальників та інших ущільнень при їх недостатній герметичності двигун може споживати оливу і не диміти. Кращим виходом тут є НС-синтетики, які об'єднують в собі переваги синтетичних і мінеральних складів. Присадки які використовують у моторних оливах це фосфор і цинк які сприяють підвищенню зносостійкості, кальцій і магній підвищують миючі властивості, а молібден і бор – покращують антифрикційні властивості.

### 3.1 Класифікація олив за SAE

Сучасний логотип SAE (Товариство автомобільних інженерів) наведено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Логотип SAE

Класифікація SAE описує моторні оливи за їхньою в'язкістю, що особливо важливо для вибору оливи залежно від умов експлуатації та температури навколишнього середовища. Стандарт SAE включає три основні групи: оливи для зимового використання, оливи літнього використання та всесезонні оливи. Необхідно звернути увагу на те, що для двигунів різної конструкції температурні діапазони працездатності оливи даного класу SAE істотно відрізняються. Вони залежать від потужності стартера, мінімальної пускової частоти обертання колінчастого валу, необхідної для пуску двигуна, від продуктивності оливного насоса, від гідравлічного опору оливоприймального тракту та багатьох інших конструкційних, технологічних та експлуатаційних факторів.

### 3.2 Класифікація олив за ACEA

Класифікація ACEA (Європейська асоціація автовиробників) була опублікована в 1994 році й функціонувала разом із американською API до кінця 1996 року. Протягом останніх років стандарти ACEA (рис.3.5) неодноразово переглядалися, змінювалися та публікувалися в наступних версіях.



Рисунок 3.5 – Логотип АСЕА

Подальша класифікація діє перших 2 роки нарівні зі старою для того, щоб виробники оливок провели переобладнання під випуск продукції з новими встановленими АСЕА характеристиками. Якщо після закінчення 2-х років виробник посилається на стару версію класифікації, то така продукція вважається не пройшла сертифікацію.

Класифікація моторних оливок за стандартами АСЕА ділиться на три основні групи: А/В, С та Е. Кожна з них підходить для певних типів двигунів та експлуатаційних умов (рис.3.6).

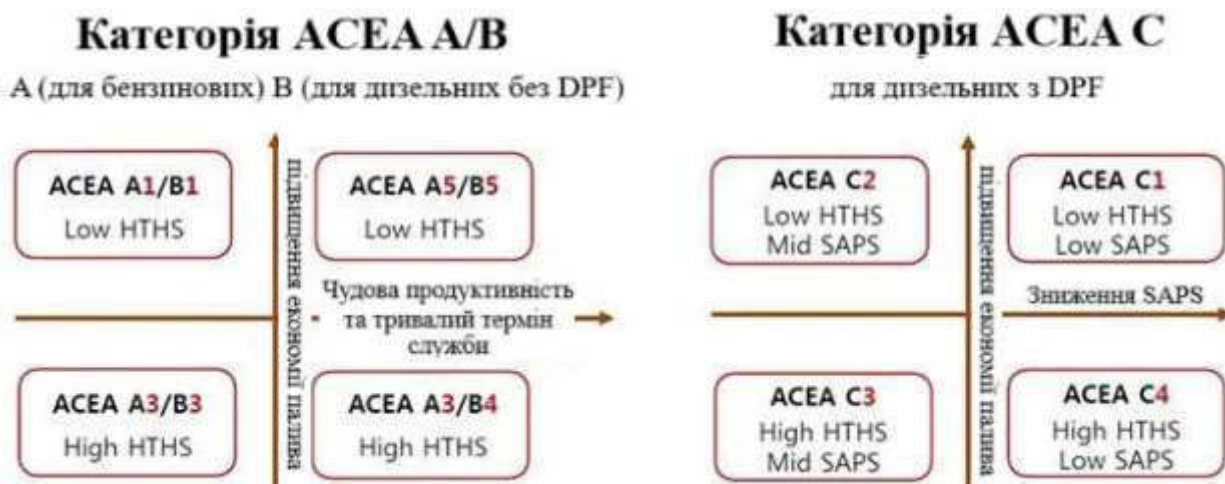


Рисунок 3.6 – Класифікація моторних оливок за АСЕА

Категорія А/В – для бензинових (А) та дизельних (В) двигунів легкових та легких комерційних транспортних засобів.

ACEA A1/B1 – оливи з низькою в'язкістю для двигунів, що вимагають оливу з низьким коефіцієнтом тертя, що сприяє економії палива. Зазвичай не підходять для важких умов експлуатації.

ACEA A3/B3 – стійкі до окислення та високих температур оливи, придатні для високонавантажених бензинових та дизельних двигунів, у тому числі для автомобілів зі збільшеним інтервалом заміни оливи.

ACEA A3/B4 – оливи для сучасних бензинових та дизельних двигунів з безпосереднім упорскуванням, забезпечують високу стабільність властивостей.

ACEA A5/B5 – оливи для економії палива, підходять для двигунів, розрахованих на роботу з оливою низької в'язкості, але не призначені для важких умов експлуатації.

Категорія C – для двигунів із системами доочищення вихлопних газів (сажові фільтри DPF, каталізатори тощо). Ці оливи мають знижений вміст сульфатної золи, фосфору та сірки (Low SAPS), щоб не пошкодити системи доочищення:

ACEA C1 – оливи з дуже низькою в'язкістю та максимально низьким вмістом SAPS, підходять для двигунів, що вимагають найекологічніших оливи.

ACEA C2 – оливи середньої в'язкості та з низьким вмістом SAPS, підходять для двигунів, що вимагають паливозберігаючих оливи та використовують систему доочищення вихлопних газів.

ACEA C3 – оливи з низьким вмістом SAPS, стійкі до окислення та високої температури, забезпечують баланс між економією палива та захистом двигуна.

ACEA C4 – оливи з дуже низьким вмістом SAPS, що застосовуються в сучасних дизельних двигунах з DPF, вимагають точного дотримання рекомендацій виробника.

ACEA C5 – оливи, що сприяють високій економії палива, з мінімальним вмістом SAPS, застосовуються у новітніх моделях із жорсткими вимогами до екології.

Категорія E – для важких дизельних двигунів комерційного транспорту (вантажівки, автобуси та будівельна техніка). Ці оливи забезпечують захист при високих навантаженнях та стійкість до окислення.

ACEA E4 – оливи для важконавантажених двигунів, що працюють в умовах високих температур та навантажень. Рекомендується для двигунів зі збільшеними інтервалами заміни оливи.

ACEA E6 – оливи з низьким вмістом SAPS для дизельних двигунів, обладнаних системами доочищення (DPF). Virізняються високою стійкістю до окислення.

ACEA E7 – оливи для двигунів без сажевих фільтрів, що працюють у важких умовах експлуатації. Мають стійкість до високих температур і навантажень.

ACEA E9 – оливи з низьким вмістом SAPS для двигунів з доочищенням вихлопу, мають відмінний захист від зносу та стабільність при високих температурах.

Класифікація ACEA дозволяє підбирати оливи залежно від модифікації двигуна та вимог до екологічності, стійкості до зносу та здатності до економії палива.

### 3.3 Класифікація олив за API

На рисунку 3.7 наведено сучасний логотип API.



Рисунок 3.7 – Логотип API

За системою API (Американський інститут нафти) ASTM D 4485, SAE J183 APR96) встановлені три експлуатаційні категорії призначення і якості моторних олів.

S (Service) - складається з категорій якості моторних олів для бензинових двигунів, що йдуть у хронологічному порядку. Для кожного нового покоління оливи привласнюється додаткова буква за алфавітом: API SH, SJ, SL, SM, SN (категорія SI - навмисно пропущена API, щоб не було плутанини з Міжнародною системою заходів, для проекта категорії PS-06 планувалась назва SK, але один з постачальників моторних олів в Кореї використовує скорочення «SK» як частину свого корпоративного імені. Щоб не було плутанини буква «K» була замінена наступною «L». Категорії API SA, API SB, API SC, API SD, API SE, API SF, API SG зараз визнані недійсними, як застарілі, проте у деяких країнах оливи цих категорій ще випускаються.

C (Commercial) - складається з категорій якості і призначення олів для дизельних двигунів, що йдуть у хронологічному порядку. Для кожної нової генерації привласнюється додаткова буква за алфавітом: API CE, CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4, CJ-4. Категорії API CA, API CB, API CC, API CD, API CD-II зараз визнані недійсними, як застарілі, проте у деяких країнах оливи цих категорій ще випускаються.

EC (EnergyConserving) - енергозберігаючі високоякісні оливи, що складається з оливо в'язких олів, які зменшують витрату палива за наслідками тестів на бензинових двигунах. Моторні оливи, що відрізняються низькою в'язкістю як при низькій, так і при високій температурі можуть бути сертифіковані на відповідність категорії API EC "енергозберігаюча" олива ("EnergyConserving" Oil).

Універсальні оливи для бензинових і для дизельних двигунів позначаються двома символами відповідних категорій: перший символ є основним, а другий вказує на можливість застосування цієї оливи для двигуна іншого типу. Наприклад, API CG-4/SH - олива, розроблялись для застосування в

дизельних двигунах, але його можна застосовувати і в бензинових двигунах, для яких пропонується олива категорії API SH і нижче.

Сервісні категорії (Service) – позначаються буквою «S» та призначені для бензинових двигунів легкових автомобілів та легких вантажівок. Ці категорії удосконалюються з кожним поколінням, щоб відповідати новим вимогам щодо економії палива, захисту від зносу та чистоти двигуна (рис. 3.8).

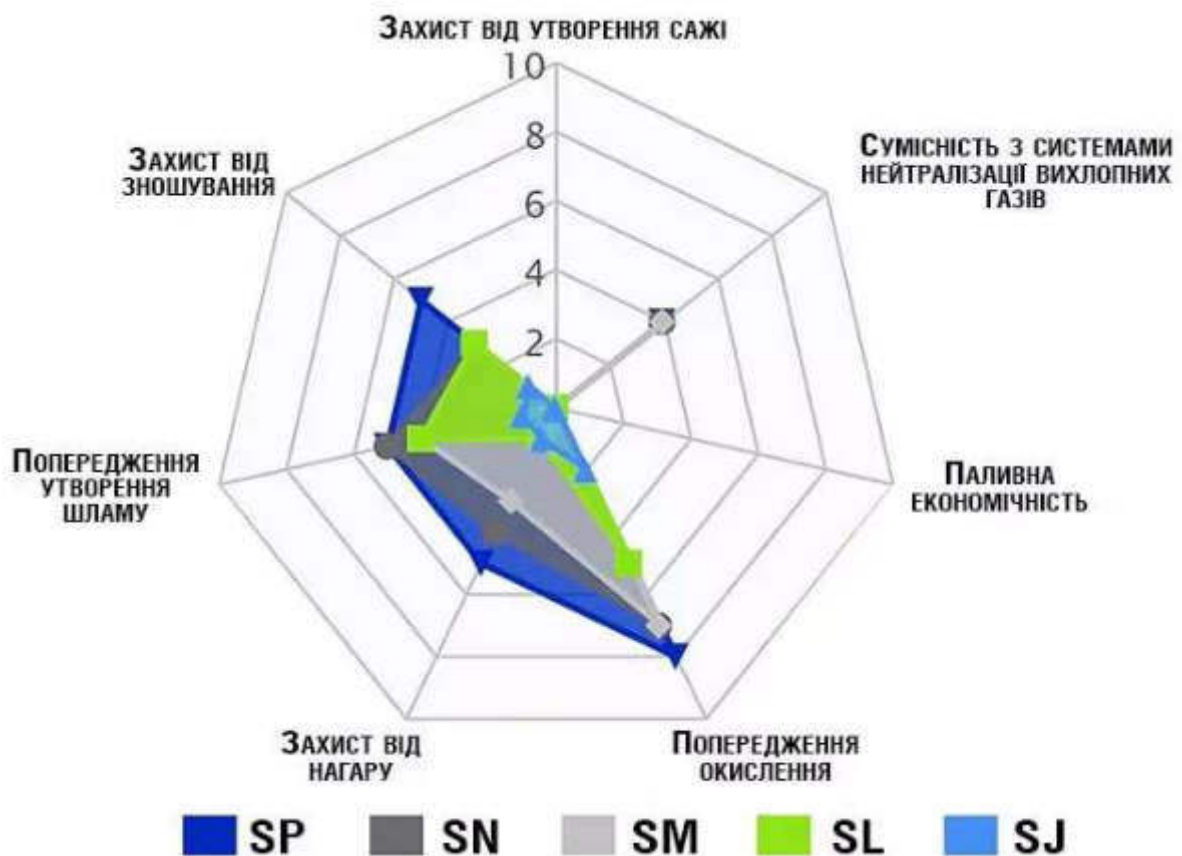


Рисунок 3.8 – Діаграма огляду захисту двигунів від шкідливих факторів

Основні сервісні категорії API включають:

- API SA - API SH – застарілі категорії для старих бензинових двигунів, що рідко застосовуються через недостатній захист від зносу та окислення;
- API SJ – введена у 1996 році, підходить для двигунів, випущених до 2001 року;
- API SL – введена у 2001 році, покращено захист від зносу, підходить для двигунів до 2004 року;

- API SM – введена у 2004 році, включає підвищену термостійкість та захист від утворення відкладень, підходить для двигунів до 2010 року;
- API SN і SN Plus – чинна категорія для бензинових двигунів, введена в 2010 році, включає захист від утворення відкладень, покращену термостійкість, підходить для сучасних бензинових двигунів;
- API SP – остання категорія, введена у 2020 році, розроблена для сучасних двигунів з турбонаддувом та системою Start-Stop, підвищений захист від утворення нагару.

Категорії для комерційного використання (Commercial) – позначаються літерою С і призначені для дизельних двигунів. Ця категорія особливо важлива для важконавантажених вантажівок, будівельної техніки та іншої спецтехніки (рис. 3.9).

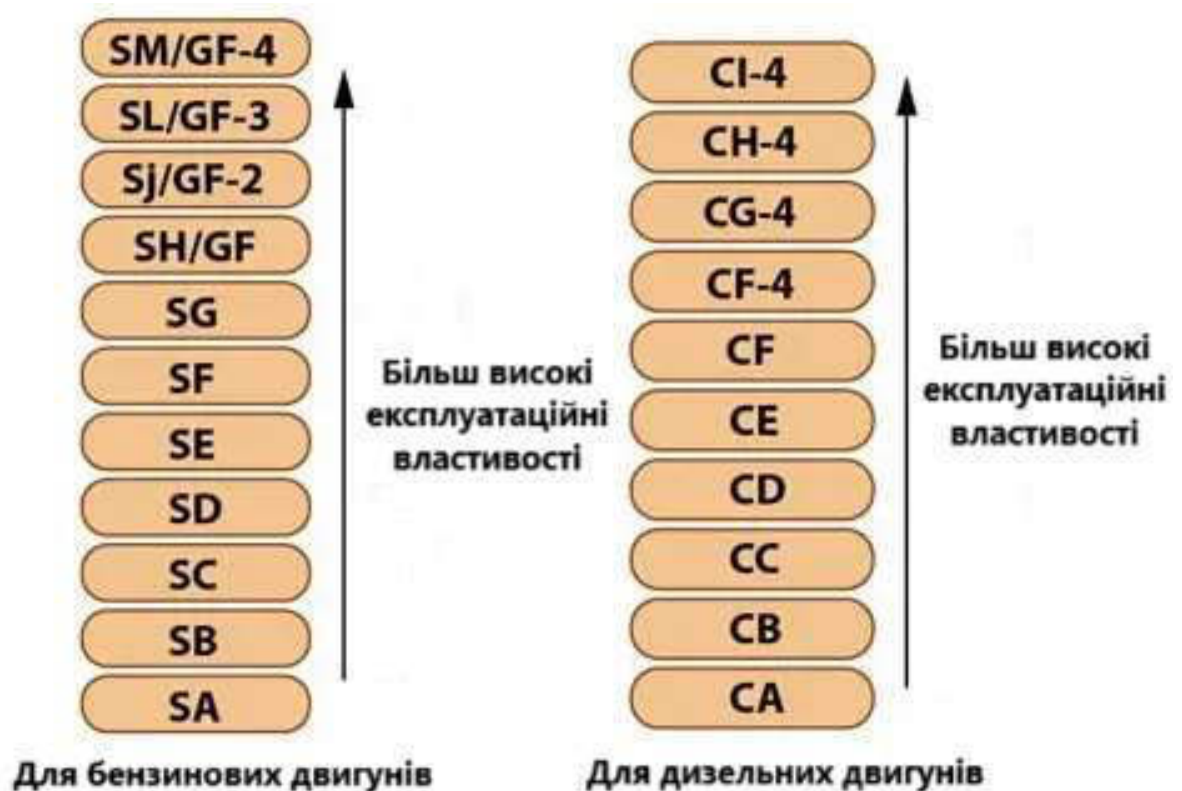


Рисунок 3.9 – Відповідність класифікації олів

Основні категорії включають:

- API SA – API CF – застарілі категорії для дизельних двигунів, застосовувалися у старих вантажних та індустріальних двигунах;
- API CG-4 – введена у 1995 році для використання в умовах високих навантажень та підвищених вимог до екології;
- API CH-4 – введена у 1998 році, відповідає вимогам щодо зниження викидів, підходить для сучасних дизельних двигунів;
- API CI-4 – введена у 2002 році, розроблена для двигунів із системами рециркуляції відпрацьованих газів (EGR), призначена для важких умов експлуатації;
- API CJ-4 – введена в 2006 році, сумісна з системами доочищення вихлопу, такими як дизельні фільтри садові (DPF);
- API CK-4 – введена у 2016 році, покращена стійкість до окислення та стабільність при високих температурах, рекомендується для сучасних дизельних двигунів;
- API FA-4 – також введена у 2016 році, відрізняється зниженою в'язкістю для підвищення паливної економічності, застосовується у дизельних двигунах, що відповідають екологічним нормам.

Кожна категорія API адаптована під індивідуальні особливості конкретного двигуна та рік його випуску, що дозволяє вибрати найбільш підходящу оливу для умов експлуатації та вимог до довговічності двигуна.

## 4 АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ЗАМІНИ ОЛИВ

### 4.1 Фактори впливу на періодичність заміни оливи

Основні фактори, які впливають на періодичність заміни оливи:

- вік двигуна;
- режим експлуатації (пробіг та навантаження);
- якість оливи;
- якість та витрата палива;
- майстерність водія;
- якість виконання технічного обслуговування.

#### 4.1.1 Вплив віку двигуна на періодичність заміни оливи.

Вік двигуна впливає на періодичність заміни моторної оливи. У міру старіння двигуна його компоненти зношуються, і це стосується його роботи та якості оливи. З віком зазори між деталями змінюються, що призводить до інтенсивнішого тертя. Це призводить до підвищеного забруднення оливи металевими частинками. Щоб уникнути підвищеного зносу, олива слід змінювати частіше.

Підвищена витрата оливи у старих двигунах – одна з основних причин, через яку необхідно враховувати періодичність заміни моторної оливи. З віком поршневі кільця, сальники та ущільнювачі не гарантують свою герметичність. В результаті олива починає просочуватися в камері згоряння і вигоряти разом із паливом. Це призводить до зниження рівня оливи, і його доводиться частіше доливати і міняти, так як зношене олива швидше впливає на його змащувальні властивості та забруднює продукти згоряння.

#### 4.1.2 Режим експлуатації та мастерність водія.

Режим експлуатації автомобіля впливає на періодичність заміни моторної оливи. Залежно від умов та стилю водіння олива може швидше втрачати свої властивості, що потребує більш частішої заміни. При частих поїздках на короткі відстані, особливо у складних умовах із пробками та світлофорами, двигун не встановлює межу робочої температури. Це призводить до утворення конденсату та накопичення палива в оливі, що погіршує його властивості. У такому режимі олива рекомендується міняти частіше, оскільки воно швидше забруднюється.

#### 4.1.3 Якість оливи.

Високоякісні оливи, особливо синтетичні, більш стійкі до дії високих температур та окиснення. Вони довше зберігають бажану в'язкість та змащувальні властивості, що дозволяє зберігати інтервали заміни. Навпаки, оливи нижчої якості окислюються швидше, що робить їх менш ефективними при високих навантаженнях і потребує більш частішої заміни.

#### 4.1.4 Якість та витрата пального.

Якість палива впливає на періодичність заміни моторної оливи, оскільки неякісне паливо призводить до більш швидкого забруднення оливи та погіршення її властивостей. Неякісне паливо часто містить домішки, такі як сірка і частинки, що не повністю згоріли. При згорянні такого палива викиди, які спостерігаються в маслі, забруднюють його. Це призводить до більш швидкого погіршення якості оливи і зниження його змащувальних властивостей, через що олива доводиться міняти частіше. Підвищена витрата палива може збільшити потребу у частішій заміні моторної оливи, оскільки це часто вказує на підвищене навантаження на двигун або його неефективну роботу. При збільшеному витраті палива двигун зазвичай працює на більш високих обертах або з більшою частотою, що призводить до підвищення температури. Висока температура нагріває та збільшує окислення та розкладання оливи, що робить його менш ефективним і потребує більш частішої заміни.

## 4.2 Забруднення моторної оливи при експлуатації

Під загальним поняттям забруднення оливи мається на увазі накопичення в оливи небажаних домішок, що знижують експлуатаційні властивості оливи. Забруднення, що надходять в олива, можуть бути розділені на розчинні і нерозчинні домішки.

Нерозчинні домішки викликають абразивне зношування і нагар, відкладення в двигуні, а розчинні домішки кислого характеру - корозію.

Основна частина кислих розчинних домішок нейтралізується присадками.

Забруднення моторної оливи поділяються на органічні та неорганічні. Частинки органічних домішок (розміром 2 мкм), такі як продукти неповного згоряння палива, які утворюються при термічному розкладанні, окисненні та полімеризації оливи.

До неорганічних забруднень відносяться частинки пилу, що потрапили в двигун через систему подачі повітря, продукти зношування деталей це стружка, абразив (розміром 0,5 – 1 мкм), продукти спрацьовування зольних присадок у оливих, вода. Нагромадження нерозчинних домішок у оливі відбувається за рахунок проникнення сажі, продуктів зносу, сторонніх речовин ззовні, так і за рахунок утворення продуктів окислення та термічного розкладання самої оливи.

Здатність оливи протистояти взаємодії з киснем називається стійкістю до окислення або термоокислювальною здатністю. Окислення олив, які є сумішшю багато сотень вуглеводнів різної будови, є дуже складним процесом.

Встановлено, що першими проміжними продуктами окиснення вуглеводнів є перекиси.

Перекиси – це нестійкі кисневі сполуки, які потім перетворюються на кислоти та оксикислоти. Найбільш шкідливими продуктами окислення з погляду експлуатації двигуна є оксикислоти і асфальтени, оскільки будучи нерозчинними в маслі і володіючи значною липкістю, вони міцно утримуються на металі, забиваючи кільцеві канавки і викликаючи пригорання поршневих кілець. При роботі зношеного двигуна швидкість забруднення оливи збільшується за рахунок

більшого прориву продуктів згоряння через поршневе кільце. Все це підтверджує провідну роль палива у процесі забруднення оливи (рис. 4.1).

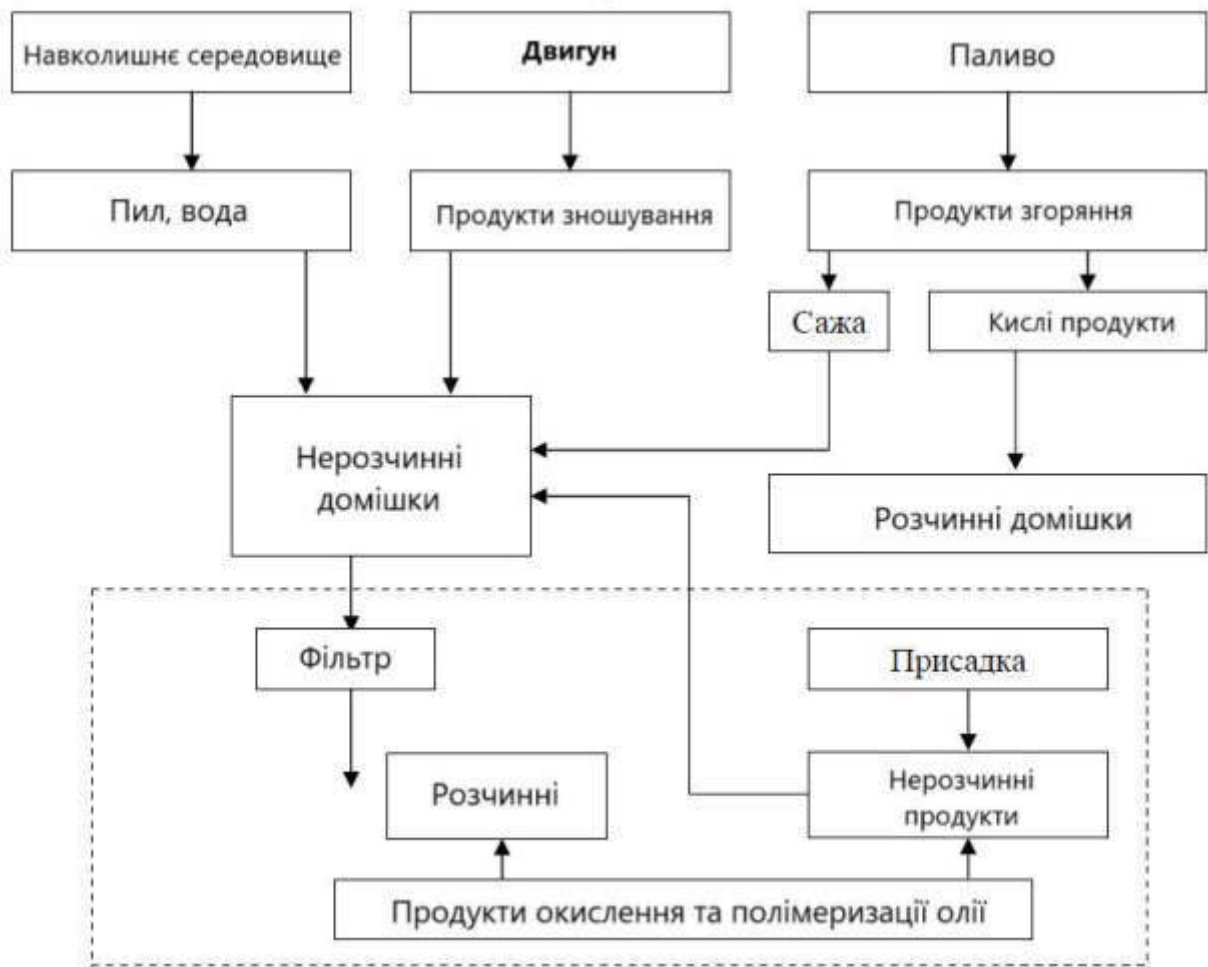


Рисунок 4.1 – Схема поетапного забруднення оливи

Іншим неминучим джерелом забруднення оливи є продукти зношування деталей двигуна (залізо, алюміній, мідь, свинець, хром та ін). Металеві продукти зношування частково розчиняються в оливі, утворюючи сполуки типу миль, а частково залишаються у вигляді нерозчинних колоїдних частинок. Внаслідок попадання в оливу металевих частинок зростає неорганічна частина нерозчинних домішок та підвищується зольність оливи. Підвищення неорганічних частинок нерозчинних домішок в оливі відбувається також і за рахунок розпаду металовмісних присадок, що вводяться в олива або паливо. Низькомолекулярні органічні кислоти також легко розчиняються в оливі.

У таблиці 4.1 показані основні джерела забруднення оливи та склад продуктів забруднення.

Таблиця 4.1 – Основні джерела забруднення оливи та склад продуктів забруднення

Джерело забруднення	Характеристики забруднення	
	Найменування	Хімічний склад
Двигун	Продукти зношування	Fe, Al, Cu, Pb, Cr, та інші
Паливо	Паливо та продукти не повного згорання	Сажа (вуглець), оксид сірки, вода, паливо
Олива	Продукти окиснення та полімеризації	Оксикислоти, смоли, асфальтени, карпени та карпоїди, мономери та полімери оксикарбонових кислот
	Продукти взаємодії та розкладання присадки	Ba, Ca, Zn їх солі та металоорганічні сполуки
Оточуюча середа	Пил, пісок, вода	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> та алюмосилікати різного складу та вода

Дисперсійний аналіз оливи показав наявність у ньому великих (3-4 мк), середніх (0,8-1,5 мк) та дрібні (0,4-0,8 мк) частинок; причому кількість середніх частинок становить 85-90 % від загальної кількості частинок. У міру зростання теплонапруженості двигуна відбувається деяке збільшення середнього розміру часток забруднень.

## 5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дослідження, виконані в даній роботі проводились на кафедрі ІСАТ у дослідно-аналітичній лабораторії по дослідженню палив і експлуатаційних матеріалів ХНАДУ.

У таблиці 5.1 приведені значення фізико-хімічних показників працюючих моторних оливо. Ці значення встановлені для чотиритактних двигунів фірм Detroit Diesel, Caterpillar, Cummins [8,9].

Таблиця 5.1 - Значення фізико-хімічних показників працюючих моторних оливо, досягши яких потрібна заміна оливи

Показники	Detroit Diesel	Caterpillar	Cummins
В'язкість при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	-	+/-3	+/-4
В'язкість при 40°C, мм <sup>2</sup> /с:		-	-
- збільшення, %, макс.	40		
- зниження, %, макс.	15		
Розбавлення паливом, %, макс.	2,5	4,0	5,0
Температура спалаху, °C, мін.	Зниження на 20 макс.	204	-
Вміст води, %, макс.	0,3	0,5	0,2
Лужне число, мг КОН/г оливи	2	1	2,5
Кислотне число, мг КОН/г оливи	-	-	2,5
Нерозчинні включення, розчинитель-пентан, %	1,0	-	-
Сажа, термогравіметрія, %, макс.	1,5	-	1,5
Вміст металів, ppm, млн <sup>-1</sup> , макс:			
- залізо	150	100	15
- хром	30	25	25
- алюміній		20	
- кремній		20	

## 5.1 Визначення густини в'язких нафтопродуктів

Моторні та інші оливи мають високу в'язкість, що не дає змоги безпосередньо виміряти їхню густину за допомогою нафтоденсиметра. Тому в'язкі нафтопродукти розводять у скляному циліндрі гасом у пропорції 1:1.

За допомогою нафтоденсиметра визначають густину приготованої суміші. Густина досліджуваного в'язкого нафтопродукту

$$\rho = 2 \rho_1 - \rho_2, \quad (5.1)$$

де  $\rho_1$  – густина суміші;

$\rho_2$  – густина розміщувача (гасу).

## 5.2 Методика визначення кінематичної в'язкості

Для визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів застосовуються капілярні віскозиметри із скла з малим коефіцієнтом температурного розширення. Сутність методу полягає у вимірі часу витікання певного об'єму випробуваного нафтопродукту під впливом сили ваги [1].

Державними стандартами і технологічними можливостями нормується кінематична в'язкість для моторних оливок при температурі 40 та 100 °С, для трансмісійних і компресорних — при температурі 50 – 100 °С, для робочих гідро рідин — при температурі 50 та 100 °С, а для індустріальних оливок — при температурі 40 °С [2,3].

### 5.2.1 Апаратура, реактиви й матеріали.

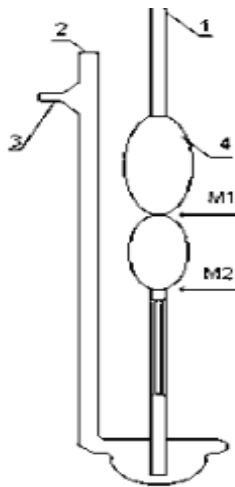
Апаратура:

- віскозиметр типу Пінкевича ВПЖТ-2 (рис. 5.1);
- штативи для закріплення віскозиметра;
- термостат;

- термометр ртутний скляний лабораторний із ціною найменшого розподілу шкали  $0,05^{\circ}\text{C}$ ;
- секундомір;
- шафа сушильна, що забезпечує нагрівання до  $100\text{-}200^{\circ}\text{C}$ ;
- папір фільтрувальний лабораторний [19].

Розчинники й реактиви:

- бензин-розчинник для гумової промисловості;
- ефір петролейний;
- ацетон;
- спирт етиловий ректифікаційний технічний вищого очищення;
- суміш хромова;
- вода дистильована;
- сульфат натрію безводний.



1, 2 - коліно; 3 - патрубок; 4 - розширення; M1, M2 - мітки.

Рисунок 5.1 – Вискозиметр

### 5.2.2 Підготовка до випробування.

Перед проведенням випробування вискозиметр ретельно промивають відповідним розчинником, потім гарячою водою й заливають не менш, ніж на 6 годин хромовою сумішшю. Після цього вискозиметр промивають

дистильованою водою й сушать у сушильній шафі при температурі 100 – 200°C [19,20].

У термостаті встановлюють температуру, необхідну для вимірювання в'язкості випробуваного нафтопродукту (рис.5.2). При наявності в нафтопродукту води його сушать безводним сульфатом натрію й фільтрують через паперовий фільтр. Нафтопродукт фільтрують через сито, скляний або паперовий фільтр. За необхідності його просушують збезводненим сульфатом натрію або прожареною великою кристалічною кухонною сіллю, а потім фільтрують крізь паперовий фільтр.



Рисунок 5.2 – Прилад для перевірки кінематичної в'язкості

### 5.2.3 Проведення випробування.

Для вимірювання часу витікання нафтопродукту на коліно (2) (див. рис. 5.1) установлюють лійку й заповнюють нафтопродуктом нижню частину віскозиметра на  $1/3 - 1/2$  об'єму. Віскозиметр установлюють у термостат так, щоб розширення (4) було нижче рівня рідини в термостаті. Правильність установки віскозиметра перевіряють виском у двох взаємо-перпендикулярних площинах. Після витримки в термостаті не менш 15 хвилин для встановлення температурної рівноваги, рідину за допомогою надягнутої на коліно гумової

трубки й груші засмоктують у коліно (1) приблизно на  $1/3$  висоти розширення (4). Знімають із коліна (1) гумову трубку й секундоміром визначають час переміщення меніска рідини від мітки М1 до мітки М2 при вільному витіканні нафтопродукту з точністю до 0,2 с. Результати трьох послідовних вимірів не повинні відрізнятись більш, ніж на 0,02 %.

Після проведення випробування нафтопродукт із віскозиметра зливають й останній миють розчинником.

#### 5.2.4 Обробка результатів

Кінематичну в'язкість ( $\nu$ ) досліджуваного нафтопродукту обчислюють за формулою в квадратних міліметрах на секунду

$$\nu = C \cdot t \quad (5.2)$$

де  $C$  - постійна віскозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}^2$ ;

$t$  - середній арифметичний час витікання нафтопродукту у віскозиметрі, с.

Динамічну в'язкість досліджуваного нафтопродукту у МПа·с обчислюють за формулою:

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (5.3)$$

де  $\nu$  - кінематична в'язкість,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;

$\rho$  - густина при тій же температурі, при якій визначалася в'язкість,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Розбіжність результатів послідовних визначень, виконаних тим самим лаборантом, що працює на тому самому віскозиметрі, в ідентичних умовах і на тому самому продукті, не повинна перевищувати 0,35 % від середнього арифметичного значення.

Результати визначення кінематичної й динамічної в'язкості округляють до сотих часток.

### 5.3 Визначення температури займання нафтопродукту

Метод полягає у визначенні найнижчої температури нафтопродукту, при якій в умовах дослідження над його поверхнею виникає суміш парів з повітрям, що загоряється при піднесенні вогню, але не може горіти в подальшому.

Температура займання — це мінімальна температура, при якій пари нафтопродукту, нагріті в відкритому або закритому тиглі, утворюють із навколишнім повітрям горючу суміш, що займається при піднесенні до неї вогню. Якщо суміш має недостатню концентрацію парів нафтопродукту у повітрі, то займання не буде.

Температура займання характеризує вогнебезпечність нафтопродукту при його транспортуванні, зберіганні, заправці.

#### 5.3.1 Визначення температури займання оливи у відкритому тиглі.

Перед дослідом потрібно переконатися в тому, що в досліджуваній оливі не більш як 0,1 % води. Якщо вода є, то оливу збезводнюють, витримуючи її 5 год із свіж прожареним хлористим кальцієм або сірчаноокислим натрієм.

Підготовлюють прилад (рис. 5.3). Для цього промивають і висушують бензином тигель й установлюють його в баню, на дно якої насипають шар (5...8 мм) прожареного піску. Рівень піску має бути на 12 мм нижче краю тигля. Баню та ртутний термометр закріплюють у штативі так, щоб ртутна кулька знаходилась усередині тигля.

У тигель наливають досліджувану оливу на 12 мм нижче краю тигля, якщо приблизна температура займання оливи 210 °С, і на 18 мм нижче, якщо вона вища. Прилад закривають кожухом для захисту від різкого руху повітря. Під пісочну баню підводять газовий пальник і нагрівають оливу зі швидкістю 10 °С за хвилину. За 40 °С до температури займання оливи швидкість її нагрівання знижують до 4 °С за хвилину.

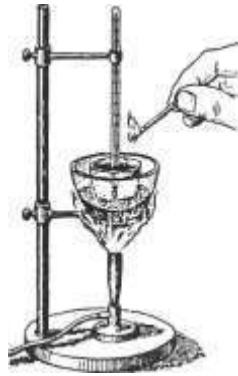


Рисунок 5.3 – Прилад для визначення температури займання оливи

Дослід починають за  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до температури займання оливи. Для цього через кожні  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  на відстані 10... 14 мм від поверхні досліджуваної оливи проводять полум'ям пальника. Довжина полум'я має становити 3 мм, тривалість досліду 2 с.

За температуру займання оливи приймають температуру, при якій видно синє полум'я, що виникає і швидко зникає.

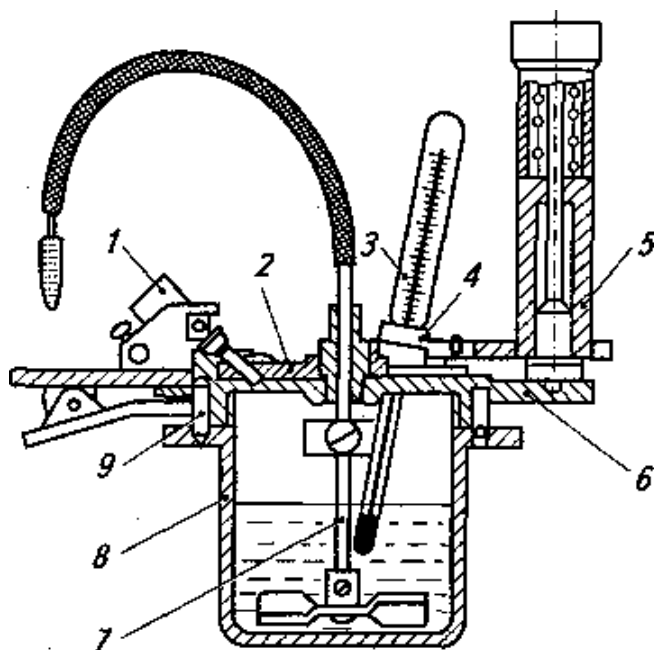
При повторному визначенні беруть нову порцію досліджуваної оливи. Розходження між експериментальними даними не повинно перевищувати  $6^{\circ}\text{C}$ . За остаточний результат приймають середнє арифметичне значення двох-трьох послідовних дослідів. Температура займання в закритому тиглі (рис. 5.4 і 5.5) має бути для нафтопродуктів не нижче значення якій є у паспорті якості.

Після збовтування, нафтопродукт охолоджують до температури, нижчої від температури займання. Тигель повинен мати температуру досліджуваного нафтопродукту, а нагрівальна ванна – температуру навколишнього середовища.

Досліджуваний нафтопродукт наливають у чистий сухий тигель до вказаного рівня, поміщають у гніздо, накривають кришкою і встановлюють термометр у перехідну муфту. На кришці апарата запалюють запальничку, вогонь якої регулюють так, щоб його форма була близькою до форми контрольної кульки.



Рисунок 5.4 – Прилад для перевірки температури спалаху оливи



1 – запалювальний пристрій; 2 – заслінка; 3 – перехідна муфта термометра; 4 – термометр; 5 – пружинний механізм; 6 – кришка; 7 – мішалка; 8 – тигель; 9 – штифт кришки

Рисунок 5.5 – Прилад для визначення температури займання нафтопродукту в закритому тиглі

Нагрівальну ванну вмикають в електромережу, регулюють потрібну швидкість нагрівання і нагрівають досліджуваний нафтопродукт в тиглі, яке має безперервно перемішуватись мішалкою з частотою обертання лопастей 90...120 хв<sup>-1</sup>. За термометром спостерігають, швидкість підвищення температури нафтопродукту в тиглі протягом 30...60с, яка для нафтопродукту з температурою згоряння 50... 150 °С не повинна зростати більш як на 5...6 °С, а для нафтопродукту з температурою згоряння до 50 °С – більш як на 1 °С. За допомогою барометра вимірюють тиск.

### 5.3.2 Проведення випробування.

Дослідження на займання починається в той момент, коли температура нафтопродукту на 17 °С нижча від температури початку його згоряння. Нагрівання при цьому ведуть зі швидкістю 2 °С за хвилину. В момент дослідження мішалку вимикають, обертом рукоятки приводять в дію розміщений на кришці механізм, який відкриває заслінку. При цьому вогонь знижують до мінімуму за 0,5 с до введення його в паровий простір тигля, де його залишають в нижньому положенні протягом 1 с, а потім піднімають у верхнє. За температуру займання нафтопродукту не можна приймати показ термометра при появі першого синього вогню над поверхнею палива всередині тигля. В разі появи незначного займання дослідження слід повторити при температурі на 1...2 °С вище. Якщо при цьому займання нафтопродукту немає, дослід повторюють.

При дослідженні невідомих сортів нафтопродукту спочатку приблизно визначають температуру займання, а потім проводять повторний дослід.

### 5.3.3 Обробка результатів.

Якщо атмосферний тиск, виміряний барометром, під час досліду вищий або нижчий від 101,325 кПа (760 мм рт.ст.), то вводять поправку на стандартний тиск

$$\Delta_t = \frac{(101,325 - P) \cdot 0,9}{3,3}, \quad (5.4)$$

або

$$\Delta_t = 0,0362(760 - P'), \quad (5.5)$$

де  $P$  і  $P'$  – фактичний барометричний тиск відповідно в кПа та мм рт.ст.

Температуру займання ( $T_3$ ) палива розраховують за формулою

$$T_3 = T \cdot \Delta_t, \quad (5.6)$$

де  $T$  – температура займання палива, одержана під час досліду, °С;

$\Delta_t$  – температурна поправка на стандартний тиск, °С.

Можна також користуватись поправками, наведеними в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Поправки на барометричний тиск

Барометричний тиск		Поправка, °С
$P$ , кПа	$P'$ , мм рт. ст	
84,8...88,4	636...663	+4
88,5...92,4	664...691	+3
92,2...95,7	692...718	+2
95,8...99,4	719...746	+1
103,2...106,8	714...801	-1

За результат приймають середнє арифметичне двох послідовних розрахунків.

Результати досліджень зміни фізико-хімічних показників якості моторної оливи ELF SAE 5W-40 evolution 900 SXR API SN/CF під час її експлуатації у двигуні автомобіля Renault Scenic наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати аналізу фізико-хімічних показників якості моторної оливи ELF SAE 5W-40 evolution 900 SXR API SN/CF

Найменування показників	Чиста олива	Renault Scenic		
		4000	8100	14 000
Робота оливи, км	0	4000	8100	14 000
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	205	203	200	200
Густина при 20 °C, г/см <sup>3</sup>	0,842	0,841	0,850	0,861
В'язкість кінематична при 100 °C, мм <sup>2</sup> /с	12,0	12,2	12,7	13,0

Аналіз результатів таблиці 4.2 показав що густина на момент зміни збільшилась на 0,019 г/см<sup>3</sup>, кінематична в'язкість на 1,0 мм<sup>2</sup>/с, температура спалаху у відкритому тиглі зменшилась на 5 °C. По показникам, що аналізувались оливу можна використовувати подальшому в експлуатації, бо вони не досягли бракувальних значень.

## 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Економічний ефект передбачається одержати від впровадження методу заміни оливи в двигуні за фактичним станом за рахунок зниження витрат на моторну оливу.

Заміна оливи в двигуні ведеться в припущенні монотонного характеру зміни її якості, тобто досягнення бракувальних показників. В даний час зміна олив проводиться при пробізі 12-16 тис. км або проведенні ТО-2 [1,3,8] без обліку фактичного стану. Експериментальні дослідження показали, що в 70...80 % автомобілів олія при зміні ще не досягла бракувальних показників і придатна для подальшого використання.

Однак, при визначенні економічного ефекту від зниження витрати моторної оливи, необхідно враховувати, що фактичний ефект трохи вище.

Економічний ефект від впровадження розробленого методу визначимо по формулі [8]:

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = (Z_{T1} - Z_{T2}) - P_T, \quad (6.1)$$

де  $Z_{T1}$ ,  $Z_{T2}$  – витрати на моторну оливу на один автомобіль у рік, до і після впровадження методу, грн;

$P_T$  – річні поточні витрати на проведення аналізу проб оливи, грн.

Різницю витрат на моторну оливу, відповідно, до і після впровадження методу можна визначити з виразу

$$Z_{T1} - Z_{T2} = C_{\text{м}} \cdot (Q_{Г1} - Q_{Г2}) = C_{\text{м}} \cdot \Delta Q_{Г}, \quad (6.2)$$

де  $Q_{Г1}$ ,  $Q_{Г2}$  – кількість моторної оливи, витраченої відповідно до і після впровадження методу, л.

Кількість моторної оливи, витраченої до впровадження методу діагностування за один рік, визначається з виразу

$$Q_{Г1} = L_{Г} \cdot V / l_{op}, \quad (6.3)$$

де  $L_{Г}$  – річний пробіг автомобіля, км;

$V$  – обсяг системи змащення двигуна, л;

$l_{op}$  – пробіг моторної оливи до заміни, км.

Річний пробіг автомобіля можна визначити з виразу

$$L_{Г} = D_{Г} \cdot \alpha_u \cdot l_c, \quad (6.4)$$

де  $D_{Г}$  – річна тривалість роботи автомобіля, дні;

$\alpha_u$  – коефіцієнт використання;

$l_c$  – пробіг автомобіля за добу, км.

Кількість моторної оливи, витраченої після впровадження методу прогнозування періодичності заміни оливи за один рік, визначається з виразу

$$Q_{Г2} = L_{Г} \cdot V / l'_{op}, \quad (6.5)$$

де  $l'_{op}$  – пробіг моторної оливи до заміни, після впровадження методу діагностування, км.

Використовуючи вище представлені залежності, економічний ефект визначимо по формулі:

$$E_{\Sigma} = \Pi_m \cdot V \cdot \left( \frac{D_{\Gamma} \cdot \alpha_u \cdot l_c}{l_{op}} - \frac{D_{\Gamma} \cdot \alpha_u \cdot l_c}{l'_{op}} \right) - P_T. \quad (6.6)$$

Для автомобіля Renault Scenic при експлуатації на дорозі III категорії і наступних значень, що входять в останній вираз величин:

$D_{\Gamma} = 305$  днів;  $\alpha_u = 0,85$ ;  $l_c = 240$  км;  $\Pi_m$  - 180 грн. за 1л моторної оливи;

$P_T$  - 1000 грн.;  $V = 4$  л;  $l_{op} = 12\ 000$ км;  $l'_{op} = 20\ 000$ км.

Економічний ефект складе:

$$E_{\Sigma} = 180 \cdot 4 \cdot \left( \frac{305 \cdot 0,85 \cdot 240}{12000} - \frac{305 \cdot 0,85 \cdot 240}{20000} \right) - 1000 = 493 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки показали, що впровадження запропонованого методу заміни оливи в двигуні за фактичним станом дозволяє отримати річний економічний ефект на один автомобіль у розмірі 493 грн.

## ВИСНОВКИ

1. Зроблено аналіз класифікацій моторних олив та методів контролю якості оливи;
2. Проведено аналіз факторів, що впливають на періодичність заміни оливи;
3. Отримані результати зміни густини, температури спалаху у відкритому тиглі та кінематичної в'язкості моторної оливи SAE 5W-40 при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

В результаті дослідження було встановлено, що густина на момент зміни збільшилась на  $0,019 \text{ г/см}^3$ , температура спалаху у відкритому тиглі зменшилась на  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ , кінематична в'язкість збільшилась на  $1,0 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

За перевіреними показниками моторну оливу можна використовувати у подальшому в експлуатації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Полянський С.К. Експлуатаційні матеріали. Підручник. К.: Либідь, 2003. 448 с.
2. Венцель Е.С., Жалкин С.Г., Данько Н.П. Поліпшення якості й підвищення термінів служби нафтових олив. Харків: Укргажт, 2003. 168с.
3. Антипенко А.М., Войтов В.А., Климов П.М., Окача А.І., Романченко В.М., Ярохно С.Ю. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: Навчальний посібник для дистанційного навчання. Харків: Вировець А.П. «Апостроф», 2011. 234с.
4. Слобода Е.Н. Своєчасний аналіз якісного стану моторної оливи- застава надійної експлуатації двигуна. *Світ нафтопродуктів*. 2002. №3. С. 40-42.
5. Бойченко С. В. Моторні палива й оливи для сучасної техніки, К. : НАУ, 2005. 216с.
6. Головін С.И., Жосан А.А. Оцінка стану двигуна по показниках моторної оливи (Якість, надійність). *Трактори й сільськогосподарські машини*. 2007. № 4. С. 52-53. ISSN 0235-8573
7. Григоров А.Б., Наглюк І.С., Карножицкий П.В. Зміна показників якості моторної оливи при експлуатації автобусів «Богдан»-А091 і ПА3-4234. *Весник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенко*. 2008. Т.1, №75. С. 95-97.
8. Наглюк І.С. Концепція оцінки властивостей моторної та трансмісійної оливи транспортних машин за енергетичними параметрами: дис.. ... д-ра техн.. наук: 05.22.20 / Харк. нац.. автом.-дорож. ун-т. Харків, 2013. 308 с.
9. Геврик Е.О. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. 2-е вид.. стереотипне. К.: Ельга-Н, КНТ, 2008. 384 с.

Додаток А.  
Ілюстративний матеріал

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет  
Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту  
ім. М.Я. Говорущенко

Ілюстративні матеріали  
до кваліфікаційної роботи магістра

Дослідження зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи  
при експлуатації автомобіля Renault Scenic

Завідувач кафедри д-р. техн. наук, проф.



Володимир ВОЛКОВ

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.



Ігор МАРМУТ

Керівник канд. техн. наук, доц.



Михайло НАГЛЮК

Студент гр. А-62-24



Богдан ГАРАЖА

Харків, 2025

**Мета роботи** – визначення оптимальних термінів служби моторної оливи шляхом вивчення її фізико-хімічних властивостей, що дозволяє збільшити тривалість служби оливи.

**Об'єкт дослідження** – процеси зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи при експлуатації автомобілів.

**Предмет дослідження** – зміни фізико-хімічних властивостей моторної оливи при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

**Завдання дослідження:**

- проаналізувати методи визначення якості оливо;
- визначити сучасну класифікацію моторних оливо;
- встановити фактори, які впливають на періодичність заміни оливо;
- провести експериментальні дослідження.

Таблиця 1 – Класифікація в'язкості за SAE для моторних оливо (SAE J300 нова редакція)

Клас в'язкості по SAE	Низькотемпературна в'язкість		Високотемпературна в'язкість		
	Провертність <sup>1)</sup> , МПа с, тах, при темп., °С	Прокачівність <sup>2)</sup> , МПа с, тах, при темп., °С	Кінематична в'язкість <sup>3)</sup> , мм <sup>2</sup> при 100°С		При високій швидкості сдвигу <sup>4)</sup> , МПа с, при 150°С і 106 с <sup>-1</sup> , min
			min	max	
0W	3250 при - 30	30000 при - 35	3,8	-	-
5W	3500 при - 25	30000 при - 30	3,8	-	-
10W	3500 при - 20	30000 при - 25	4,1	-	-
15W	3500 при - 15	30000 при - 20	5,6	-	-
20W	4500 при - 10	30000 при - 15	5,6	-	-
25W	6000 при - 5	30000 при - 10	9,3	-	-
20	-	-	5,6	9,3	2,6
30	-	-	9,3	12,5	2,9
40	-	-	12,5	16,3	2,9 (класи 10W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	16,3	3,7 (класи 15W/40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	16,3	21,9	3,7
60	-	-	21,9	26,1	3,7

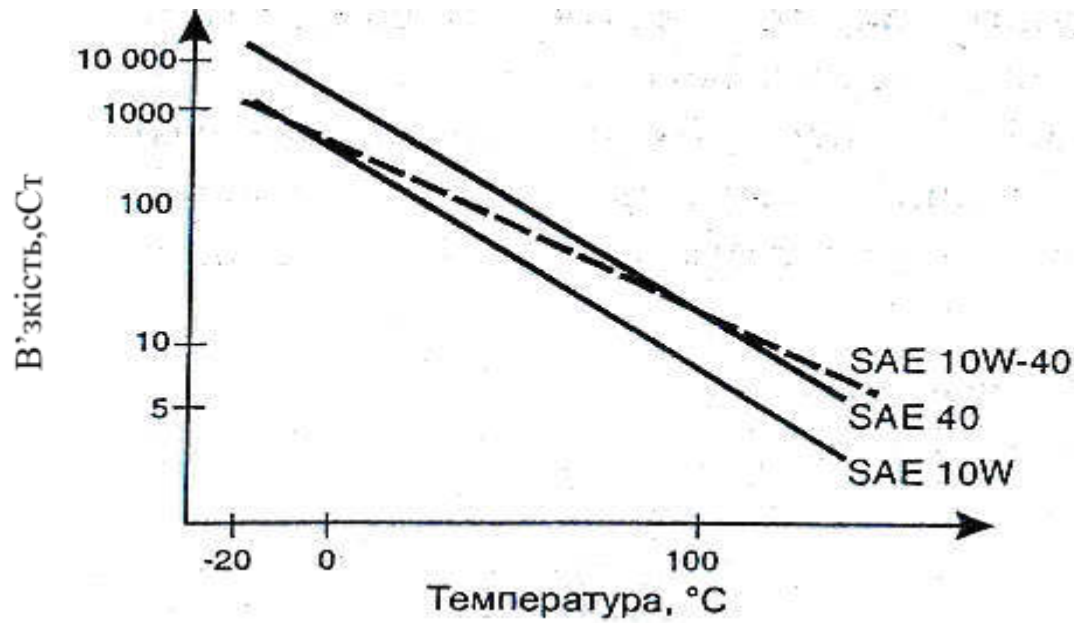


Рисунок 1 – Залежність в'язкості моторної оливи від температури (сезонні SAE 10W, SAE 40 і всесезонні SAE 10W-40)

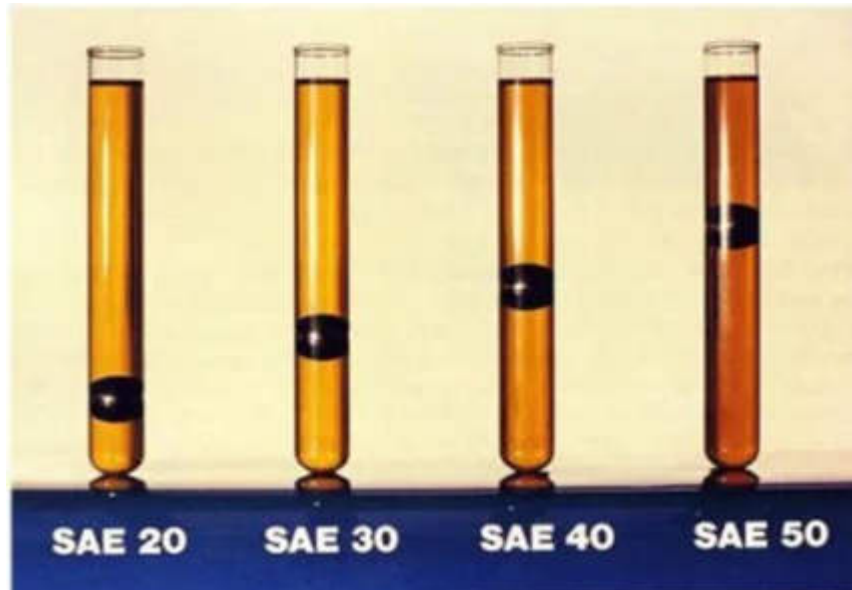


Рисунок 2 – Порівняння щільності оливи

# КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МАРКУВАННЯ МОТОРНИХ ОЛИВ



Рисунок 3 – Маркування синтетичної моторної оливи

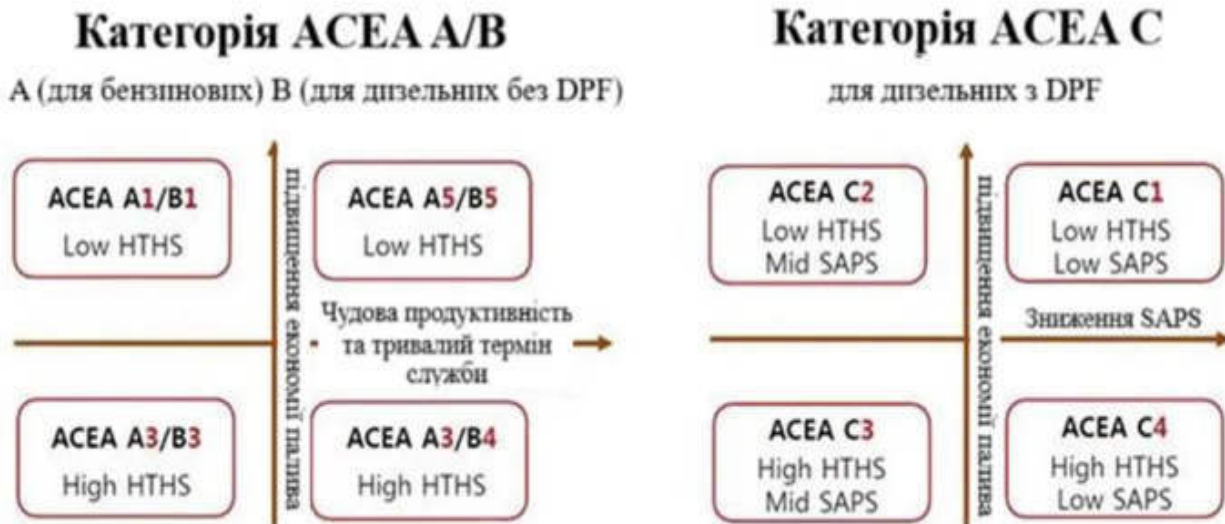


Рисунок 4 – Класифікація моторних олив за ACEA

Таблиця 2 – Значення фізико-хімічних показників працюючих моторних оливо, досягши яких потрібна заміна оливи

Показники	Detroit Diesel	Caterpillar	Cummins
В'язкість при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	-	+/-3	+/-4
В'язкість при 40°C, мм <sup>2</sup> /с:	40	-	-
- збільшення, %, макс.	15		
- зниження, %, макс.			
Розбавлення паливом, %, макс.	2,5	4,0	5,0
Температура спалаху, °C, хв.	Зниження на 20°C, макс.	204	-
Вміст води, %, макс.	0,3	0,5	0,2
Лужне число, мг КОН/г оливи	2	1	2,5
Кислотне число, мг КОН/г оливи	-	-	2,5
Нерозчинні включення, розчинник-пентан, %	1,0	-	-
Сажа, термогравіметрія, % мас, макс.	1,5	-	1,5
Вміст металів, ppm, млн <sup>-1</sup> , макс:			
- залізо	150	100	15
- хром	30	25	25
- свинець		40	20
- мідь		50	20
- олово		25	
- алюміній		20	
- кремній		20	
- бор		20	
- натрій		75	

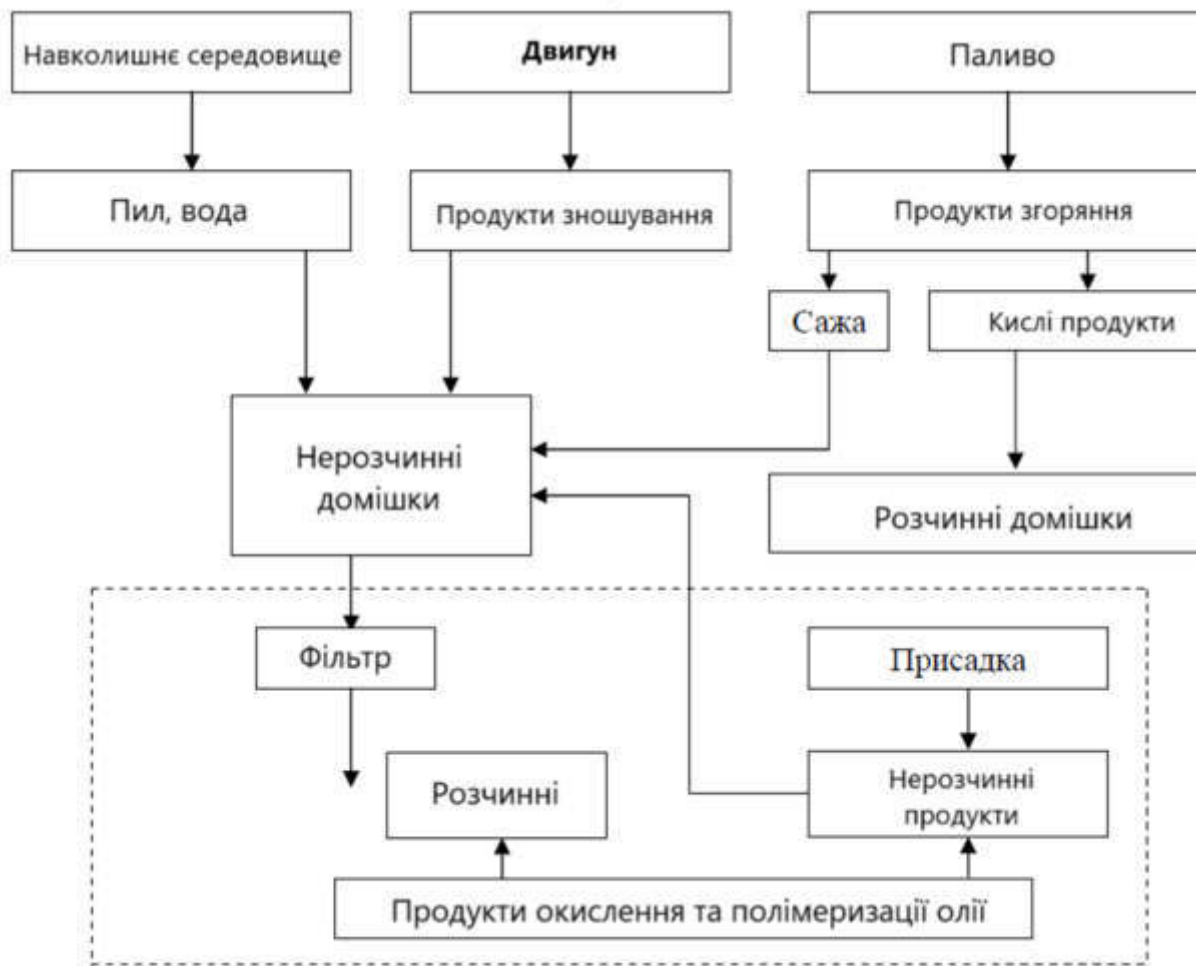


Рисунок 5 – Схема поетапного забруднення оливи



Фото 1 – Прилад для перевірки температури спалаху



Фото 2 – Прилад для перевірки кінематичної в'язкості

## РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ПРАЦЮЮЧОЇ ОЛИВИ

Таблиця 3 – Результати аналізу фізико-хімічних показників якості моторної оливи ELF SAE 5W-40 evolution 900 SXR API SN/CF

Найменування показників	Чиста олива	Renault Scenic		
Робота оливи, км	0	4000	8100	14 000
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	205	203	200	200
Густина при 20 °C, г/см <sup>3</sup>	0,842	0,841	0,850	0,861
В'язкість кінематична при 100 °C, мм <sup>2</sup> /с	12,0	12,2	12,7	13,0

## ВИСНОВКИ

1. Зроблено аналіз класифікацій моторних олив та методів контролю якості оливи;
2. Проведено аналіз факторів, що впливають на періодичність заміни оливи;
3. Отримані результати зміни густини, температури спалаху у відкритому тиглі та кінематичної в'язкості моторної оливи SAE 5W-40 при експлуатації автомобіля Renault Scenic.

В результаті дослідження було встановлено, що густина на момент зміни збільшилась на  $0,019 \text{ г/см}^3$ , температура спалаху у відкритому тиглі зменшилась на  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ , кінематична в'язкість збільшилась на  $1,0 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

За перевіреними показниками моторну оливу можна використовувати у подальшому в експлуатації.