

Р. І. Прокоп<sup>1</sup>, О. Б. Гринишин<sup>1</sup>, Т. І. Червінський<sup>1</sup>, В. В. Кочубей<sup>2</sup>

Національний університет “Львівська політехніка”,

<sup>1</sup> кафедра хімічної технології переробки нафти та газу,

<sup>2</sup> кафедра фізичної, аналітичної і загальної хімії

oleh.b.hrynyshyn@lpnu.ua

## ВИВЧЕННЯ ЗМІНИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВСИНТЕТИЧНОЇ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ELF EVOLUTION 700 STI ПІСЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У БЕНЗИНОВОМУ ДВИГУНІ

<https://doi.org/10.23939/ctas2022.02.88>

У роботі викладено результати досліджень, спрямованих на вивчення зміни експлуатаційних властивостей свіжої та відпрацьованої напівсинтетичної моторної оливи ELF Evolution 700 STI для бензинових двигунів легкових автомобілів. Вивчено зміну фізико-хімічних властивостей свіжої та відпрацьованої напівсинтетичної моторної оливи до і після її використання у бензиновому двигуні. Подано результати дериватографічного та ІЧ-спектроскопічного досліджень цих олив. Методом рентгенофлуоресцентного дослідження встановлено склад неорганічної частини досліджуваних напівсинтетичних олив.

**Ключові слова:** напівсинтетична моторна олива; відпрацьована олива; термічний розклад; старіння оливи; рентгенофлуоресцентний аналіз; ІЧ-спектри.

### Вступ

Повноцінне функціонування багатьох галузей вітчизняної промисловості та сільського господарства неможливе без використання змащувальних олив, мастил, охолоджувальних рідин тощо. Сьогодні у світі виробляється більше ніж 42 млн т різноманітних змащувальних речовин за рік, водночас в Україні загальний обсяг їх виробництва щорічно зростає на 20 %.

Основними споживачами змащувальних олив є машино-будівельна та автомобільна промисловості, автомобільний, залізничний, авіаційний та морський транспорт, паливно-енергетичний комплекс тощо. Традиційною базовою основою цієї групи нафтопродуктів є мінеральні оливи, кількість яких у складі змащувальних нафтопродуктів коливається у межах 96–98 %. Однак мінеральні змащувальні оливи, окрім низької вартості, мають ще деякі негативні властивості, зокрема: низький біологічний розклад, порівняно висока токсичність, обмежений термін використання тощо.

Сьогодні, у час стрімкого розвитку, оновлення й удосконалення багатьох галузей народного господарства, все важливішим стає завдання щодо створення й удосконалення змащувальних середовищ із високим ступенем біологічного

розкладу в довкіллі. Одним із напрямів створення безпечних для довкілля змащувальних середовищ є створення нових та вдосконалення відомих рецептур напівсинтетичних та синтетичних моторних олив з довготривалим терміном використання та внесенням до їх складу різноманітних синтетичних і полімерних матеріалів. Таке вирішення довготривалої проблеми дасть змогу вивільнити значну частину мінеральної основи змащувальних олив, збільшити термін їх експлуатації у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) та істотно збільшити міжремонтний період ДВЗ.

Під час експлуатації у ДВЗ моторні оливи зазнають істотних змін: обводнення, забруднення механічними домішками та незгорілим паливом, зміни хімічного складу тощо. До складу відпрацьованих моторних олив входять забруднення, продукти розкладу присадок, важкі метали, кислоти, продукти термічного розкладу оливи, яка працює у ДВЗ, продукти різних хімічних перетворень вуглеводневої частини оливи тощо. Токсичність відпрацьованих олив (ВО) зростає зі збільшенням їх молекулярної маси, значення кислотного числа (КЧ), із зростанням у їх складі частки аренів, асфальто-смолистих речовин та сполук сірки. У таких ВО ідентифіковано понад 140 видів канцерогенних сполук, зокрема, бенз(α) пі-

рен, фенатрен тощо. Кількість цих небезпечних сполук зростає зі збільшенням часу експлуатації моторної оливи у ДВЗ, що негативно впливає на стан довкілля та здоров'я населення. Сукупність цих процесів, що призводить до погіршення експлуатаційних властивостей моторної оливи, отримало назву “старіння” оливи. Однак зміст явища “старіння”, попри численні дослідження, залишається суперечливим та до кінця не вивченим.

Автори роботи [1] досліджували зміни експлуатаційних властивостей мінеральної моторної оливи до та після її експлуатації у бензиновому ДВЗ. Методом дериватографічного аналізу було вивчено термічну стійкість нової та відпрацьованої оливи бензинового ДВЗ, рентгенофлуоресцентним аналізом встановлено неорганічний склад цих оливи, а ІЧ-спектроскопічним дослідженням підтверджено наявність у ВО продуктів термokatалітичних та деструктивних процесів. На основі результатів виконаних досліджень автори запропонували пояснення щодо старіння мінеральної оливи у бензиновому ДВЗ, що узгоджуються з результатами досліджень інших наукових праць [2–9].

Нині однією із наймасовіших груп оливи, використовуваних у бензинових ДВЗ автомобілів регіональних й міжнародних перевезень, є напівсинтетичні моторні оливи. Зважаючи на те, що вивченню процесів старіння моторних оливи цієї групи науковці приділили недостатньо уваги, ми вибрали їх об'єктом досліджень. Вивчення зміни властивостей таких оливи після її використання у ДВЗ дасть змогу встановити ймовірні причини та механізм старіння оливи цієї групи. Водночас результати досліджень будуть використані під час вибору оптимальної технології регенерації відпрацьованих моторних напівсинтетичних оливи (ВМНО).

**Мета досліджень** – вивчити зміни експлуатаційних властивостей свіжої та відпрацьованої напівсинтетичної моторної оливи марки ELF Evolution 700 STI та встановити ймовірні причини старіння цієї оливи.

#### **Матеріали та методи досліджень**

У роботі вихідними об'єктами досліджень було обрано напівсинтетичну моторну оливу ма-

рки ELF Evolution 700 STI, яка широко використовується у бензинових двигунах легкових автомобілів та відпрацьовану оливу цієї ж марки, що були злита з картера бензинового ДВЗ після закінчення нормативного терміну її експлуатації.

Густини зазначених вище оливи визначали пікнометричним методом, показник заломлення – за допомогою рефрактометра, в'язкість – віскозиметричним методом, температуру спалаху – в приладі відкритого типу.

Дослідження термічної стійкості зразків оливи виконували на дериватографі Q-1500D системи “Паулік-Паулік-Ердей” з реєстрацією аналітичного сигналу втрати маси та теплових ефектів за допомогою комп'ютера. Зразки аналізували в динамічному режимі зі швидкістю нагрівання 10 град./хв в атмосфері повітря. Маса зразків становила 100 мг. Еталонною речовиною був алюмінію оксид.

Рентгенофлуоресцентний спектральний аналіз для визначення елементного складу оливи здійснювали на мобільному прецизійному аналізаторі EXPERT 3L, призначеному для визначення масової частки хімічних елементів в однорідних монолітних та порошкоподібних об'єктах. Для виконання аналізу підготували зразки оливи, які спалювали за температури 723 К впродовж чотирьох годин, охолодили в ексикаторі та перетерли в порошок.

ІЧ-спектроскопічні дослідження вихідної й відпрацьованої оливи здійснювали на приладі SpectrumTwoFT-IRspectrometer фірми Perkin Elmer в кюветі із селеніду цинку завтовшки 0,1036 мм з допомогою програми Spectrumv.10.03.06.

#### **Результати досліджень та їх обговорення**

Відомо, що під час експлуатації моторної оливи у ДВЗ зазнають істотних змін як її хімічний склад, так і експлуатаційні властивості [1–10]. На основі результатів здійснених досліджень (табл. 1) встановлено, що відпрацьована моторна напівсинтетична олива характеризується нижчими значеннями в'язкості та індексом в'язкості, порівняно зі значеннями в'язкості свіжої оливи. Таку зміну значень в'язкості ВМНО можна пояснити тим, що під час роботи бензинового двигуна в різних режимах механічних та теплових навантажень в оливу переходить певна кількість палива, що не згоріла у циліндрі ДВЗ, і, як наслідок, олива розріджується. Це підтверджується

зниженням температури спалаху оливи через наявність залишків бензинового палива. Крім цього, у ВМНО відбувається зміна групового вуглеводневого складу, що підтверджується зміною показника заломлення. Водночас відпрацьована олива ELF Evolution 700 STI характеризується вищим значенням вмісту води і механічних домішок, ніж свіжа олива, що свідчить про роботу ДВЗ за різних теплових навантажень та зношення деталей циліндро-поршневої групи. Значення ко-

ксивності оливи у ході експлуатації збільшується, що очевидно, також є результатом зміни групового складу. Однак найвагомим бракувальним показником старіння оливи є значення кислотного числа, яке упродовж експлуатації оливи у ДВЗ зростає (табл. 1), унаслідок чого олива набуває агресивних властивостей щодо металевих деталей ДВЗ. А це призводитиме до хімічного руйнування поверхонь деталей та трибовузлів ДВЗ.

Таблиця 1

**Фізико-хімічні характеристики свіжої та відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI**

Показник	Свіжа олива ELF Evolution 700 STI	Відпрацьована олива ELF Evolution 700 STI
В'язкість, мм <sup>2</sup> /с:		
– за °C, $\nu_{50}$	62,73	50,74
– за °C, $\nu_{100}$	12,13	9,58
– $\nu_{50}/\nu_{100}$	5,74	5,30
Індекс в'язкості	95	90
Густина, кг/м <sup>3</sup>	872	874
Вміст води, %	сліди	0,11
Зольність, %	0,017	0,600
Коксивність, %	1,04	1,83
Показник заломлення, $n_D^{20}$	1,4769	1,4784
Температура застигання, °C	> - 15	> - 15
Температура спалаху, °C	232	206
Кислотне число, мг КОН/г	1,12	2,43

Таблиця 2

**Результати термічних досліджень зразків вихідної та відпрацьованої моторної оливи ELF Evolution 700 STI**

	Стадія процесу	Температурний інтервал, °C	Втрата маси зразка оливи, %
Свіжа олива	I	164–269	3,58
	II	269–390	53,89
	III	390–550	19,33
Відпрацьована олива	I	20–164	1,70
	II	164–257	6,23
	III	257–380	74,91
	IV	380–550	17,18
	IV	380–550	17,18

Як відомо, моторна олива, що використовується у ДВЗ, за допомогою оливної помпи подається у всі важливі легко- та важконавантажені трибологічні сполучення циліндро-поршневої групи двигуна для їх змащування, охолодження та вимивання продуктів зношення деталей. Водночас, олива, яка працює, перебуває у різних температурних зонах ДВЗ, зокрема – у зо-

нах високих температур (300–1500 °C) на стінках циліндрів [3, 8]. За таких високих температур олива зазнає істотних термічних перетворень, що призводять до втрати її маси. Саме тому для визначення її термічної стійкості та значення втрати маси необхідно здійснити термодериватографічні дослідження до та після її експлуатації в бензиновому ДВЗ.

За результатами термогравіметричних (TG), диференційних термогравіметричних (DTG) досліджень та за даними диференційного термічного аналізу (DTA) термоліз зразків вихідної та відпрацьованої напівсинтетичної моторної оливи ELF Evolution 700 STI відбувається впродовж трьох і чотирьох стадій відповідно (табл. 2, рис. 1, 2).

Як бачимо з табл. 2, термоліз зразка свіжої напівсинтетичної моторної оливи відбувається впродовж трьох стадій.

На першій стадії процесу термолізу зразка свіжої НПСО, в інтервалі температур 164–269 °С, відбуваються початкові деструктивні та термоокисні процеси найменш термічно нестійких вуглеводневих компонентів зразка НПСО. Цей процес супроводжується невеликою втратою маси зразка оливи (3,58 %) та появою незначного екзотермічного ефекту на кривій ДТА (рис. 1).

Водночас в інтервалі 269–390 °С упродовж другої стадії процесу термолізу відбуваються глибокі деструктивні та термоокисні процеси вуглеводневих компонентів зразка свіжої НПСО, які завершуються згоранням залишків після термічної деструкції. Цей процес супроводжується інтенсивною втратою маси зразка НПСО ELF Evolution 700 STI (53,89 %) та появою стрімкого екзотермічного ефекту з максимумом за температури 330 °С, що зображено на кривій ДТА (рис. 1).

Упродовж третьої стадії процесу термолізу в температурних межах 390–500 °С згоряє карбонізований залишок зразка НПСО ELF Evolution 700 STI, із втратою маси зразка оливи 19,33 % та екзотермічним ефектом, зображеним кривій ДТА (рис. 1).

Зауважимо, що вигляд термограми зразка відпрацьованої оливи ELF 700 STA на певних стадіях процесу термолізу дещо відрізняється від вигляду термограми зразка свіжої НПСО. Вочевидь, це свідчить про незначну відмінність у хімічному складі зразків НПСО.

На відміну від зразка свіжої оливи ELF Evolution 700 STI, у зразку відпрацьованої НПСО у низькотемпературному інтервалі 2–164 °С впродовж першої стадії процесу термолізу відбувається втрата легких вуглеводневих компонентів, які утворились упродовж експлуатації НПСО у бензиновому ДВЗ. Це підтверджується невеликою втратою маси зразка оливи (1,70 %) та появою не-

значного ендотермічного ефекту на кривій ДТА (рис. 2).

Упродовж другої стадії процесу термолізу, в інтервалі від 164 до 257 °С у зразку відпрацьованої НПСО розпочинаються деструктивні й термоокисні процеси. Вони супроводжуються втратою маси зразка ВНПСО (6,23 %) та появою екзотермічного ефекту, що зображений на кривій ДТА (рис. 2). Зазначимо, що у зразку відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI міститься більше вуглеводневих компонентів, здатних до термічного розкладу, порівняно зі зразком свіжої оливи. Це підтверджується інтенсивнішою втратою маси зразка свіжої оливи.

Упродовж третьої стадії процесу термолізу в температурному інтервалі від 257 до 380 °С у зразку відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI спостерігаються активні деструктивні та термоокисні процеси, які завершуються згоранням залишків продуктів деструкції вуглеводневої частини. Процес супроводжується стрімким екстремумом, що зображений на кривій ДТГ (рис. 2), та появою екзотермічного ефекту на кривій ДТА. В інтервалі температур 380–600 °С відбувається згорання залишків продуктів деструкції зразка ВНПСО ELF Evolution 700 STI.

Водночас необхідно зауважити, що зразок відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI відзначається нижчою термічною стійкістю, порівняно зі зразком свіжої НПСО. Про це свідчить зміщення температури початку інтенсивної втрати маси зразка відпрацьованої оливи за 257 °С, порівняно із зразком свіжої оливи за 269 °С, в зоні нижчих температур. Під час термоокиснення і згорання зразок відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI інтенсивніше втрачає масу (74,91 %), порівняно зі зразком свіжої НПСО (53,89 %). За таких умов максимум основного екзотермічного ефекту (318 °С) зразка ВНПСО, порівняно із зразком свіжої НПСО (330 °С), зміщений у зону нижчих значень температур.

Як відомо, товарні моторні оливи містять неорганічні компоненти, які входять до складу присадок, що вводяться в оливу для покращення її експлуатаційних властивостей. Під час активного використання оливи у ДВЗ присадки спрацьовуються, руйнуються та забруднюють оливу продуктами їх розкладу. Відомо, що за спрацьованістю присадок можна робити

висновки про довговічність роботи двигуна й термін використання змащувальних оливок [11]. А тому, аналізуючи вміст металів (індикаторів механічного зношення деталей ДВЗ) та закономір-

ності зміни елементного складу оливи, можна ефективно контролювати властивості моторних оливок й діагностувати несправні трибологічні вузли двигунів.

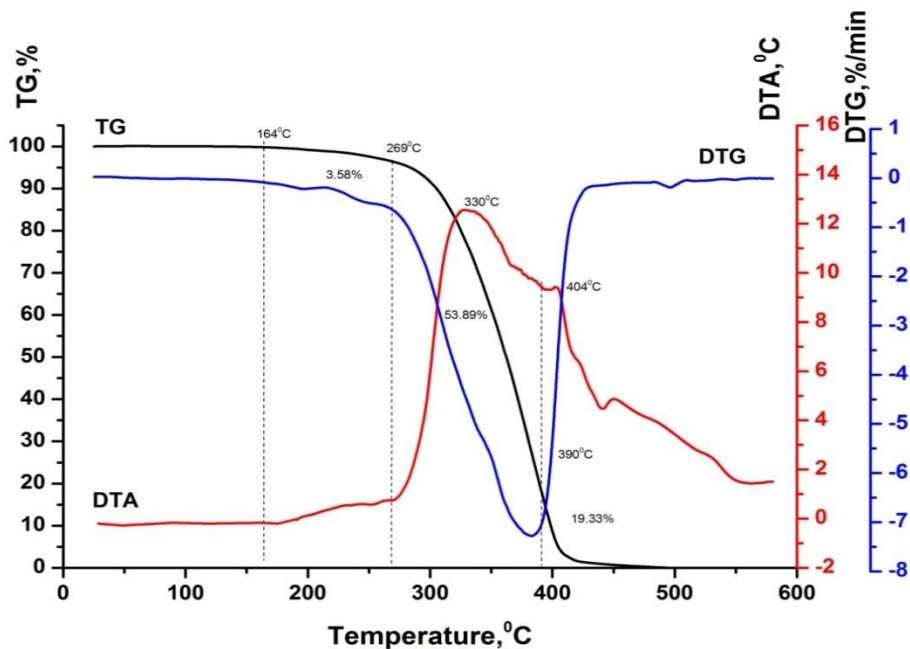


Рис. 1. Термограма зразка вихідної оливи ELF Evolution 700 STI

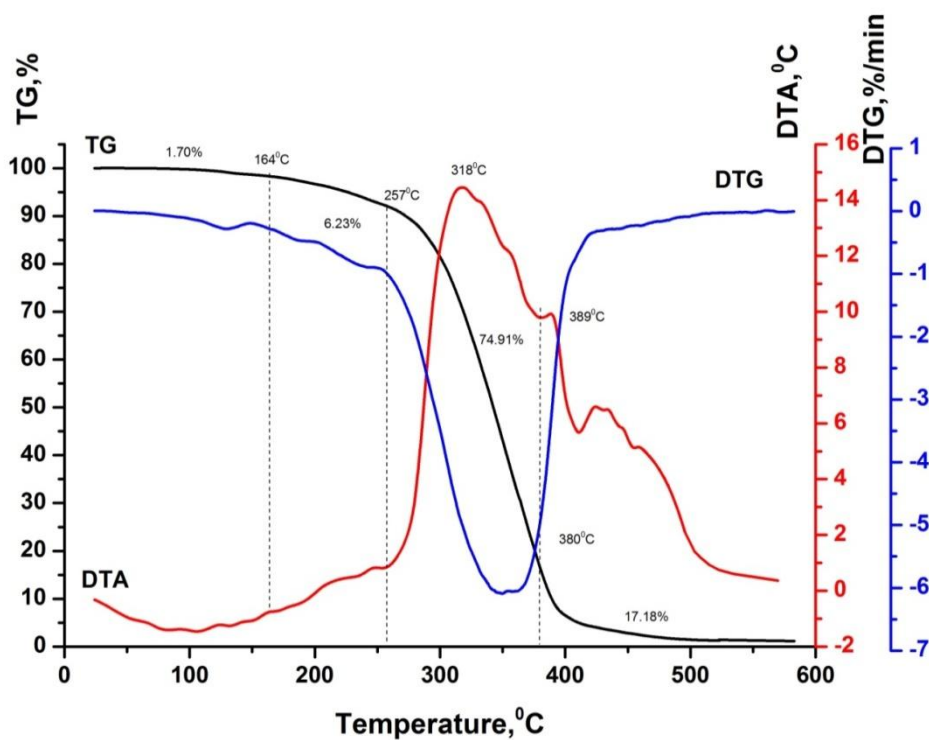


Рис. 2. Термограма зразка відрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI

Сьогодні виробники автомобілів, зокрема Detroit Diesel, Caterpillar, Cummins та інші, суворо нормують вміст металів у моторних оливах. Так, ці автомобілевиробники у разі перевищення допустимого вмісту в оливі таких металів, як залізо, хром, свинець, мідь, олово, алюміній, натрій, калій в неметалів (кремній, бор), від 15 до 150 ppm рекомендують замінити відпрацьовану моторну оливу на нову [12]. Понаднормове збільшення вмісту металів у моторних оливах є однією з причин їх періодичної заміни у ДВЗ.

Для вивчення елементного складу нової та відпрацьованої моторної напівсинтетичної оливи ELF Evolution 700 STI використано рентгенофлуоресцентний аналіз (РФА), який є одним з провідних, селективних та швидких методів для визначення елементного складу нафтопродуктів. Результати здійснених досліджень подано у табл. 3.

Таблиця 3

**Рентгенофлуоресцентний аналіз неорганічного складу моторної напівсинтетичної оливи ELF 700 STI**

Елемент	Вміст в оливі, ppm	
	Вихідна	Відпрацьована
S	0,208	0,208
Ca	3528,8	3266,6
V	<0,1	<0,1
Cr	<1,9	<1,9
Mn	<0,1	<0,1
Fe	<0,9	10,0
Ni	<0,4	<0,4
Cu	10,4	12,2
Zn	1234,7	1169,2
Ba	<0,1	<0,1
Mo	115,1	111,3
Pb	0,5	<1,0

Аналізуючи результати рентгенофлуоресцентного аналізу (табл. 3), можемо констатувати наявність присадок, що входять до пакета

комплексних присадок, у вихідній напівсинтетичній моторній оливі ELF Evolution 700 STI [13]:

– наявність сірки та цинку свідчить про вміст в оливі антиокиснювальних та протизношувальних присадок (наприклад: ДФ-11, ЛАНІ-317, Anti Wear, ZDDP тощо);

– наявність кальцію, хрому, заліза, міді – про вміст мийно-диспергувальних присадок (наприклад, СК-3);

– наявність молібдену, свинцю підтверджує присутність модифікаторів тертя (наприклад, MoS<sub>2</sub>, нафтенат свинцю), а також інгібіторів корозії, реметалізаторів та антифрикційних добавок.

Зміни вмісту вищезазначених металів у ВНСО можуть свідчити про наявність у її складі елементів зношування деталей циліндро-поршневої групи ДВЗ, а також про потрапляння в оливу сторонніх механічних забруднень. Інформація про наявність металів у відпрацьованій оливі дає змогу оцінити технічний стан двигуна [14, 15].

Ідентифіковані вище метали у ВНСО (залізо, молібден, свинець) є обов'язковими складовими металевих сплавів деталей будь-якого двигуна. Під час його експлуатації мікроскопічні частинки металу стираються із робочих поверхонь і потрапляють у моторну оливу. Наприклад, залізо є основним конструкційним матеріалом і входить до складу найважливіших деталей: блока циліндрів, головки блока циліндрів, клапанів, колінчастого і розподільного валів, шатунів, поршневих пальців, оливної помпи. Підвищений вміст заліза у відпрацьованій оливі, зазвичай, свідчить про зношування одного або декількох вузлів двигуна. Молібден, як зносостійкий метал, найчастіше використовують в поршневих кільцях та підшипниках кочення. Свинець часто застосовують у покриттях на основі бабіту, а також для легування сплавів, використовуваних у шатунах і вкладишах корінних підшипників колінчастого вала. Його вміст у ВНСО свідчить про зношування підшипників колінчастого вала тощо. Зменшення вмісту кальцію у ВНСО вказує на зношування мийно-диспергувальних присадок або інгібіторів корозії. Незначні кількості сірки вводять до складу металевих деталей для надання поверхням деталей хімічної інертності. Підвищення їх вмісту свідчить про зношення металевих

вих поверхонь тертя деталей ДВЗ. Водночас, однією з причин збільшення кількості неорганічних компонентів у моторній оливі, яка працює, є доливання нової порції оливи у картер ДВЗ між її замінами. Зазвичай доливають свіжу оливу в двигуни зі значним пробігом (наближенням ремонтного періоду), щоб компенсувати втрати оливи унаслідок вигорання та витікання через нещільності. Проте вигоряє тільки органічна частина оливи, а неорганічні компоненти накопичу-

ються в оливі, яка циркулює у системі змащування ДВЗ.

Під час використання оливи у ДВЗ спостерігається утворення і накопичення продуктів старіння, до яких належать: спирти, альдегіди, кетони, органічні кислоти тощо. З метою виявлення у ВНСО цих сполук здійснено ІЧ-спектроскопічні дослідження вихідної та відпрацьованої моторної напівсинтетичної оливи ELF Evolution 700 STI (рис. 3, 4).

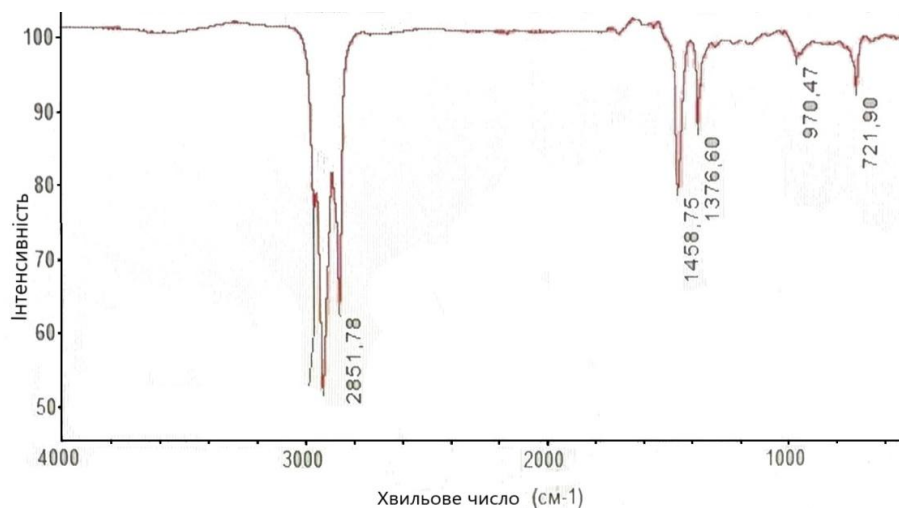


Рис. 3. ІЧ-спектр вихідної напівсинтетичної моторної оливи ELF Evolution 700 STI

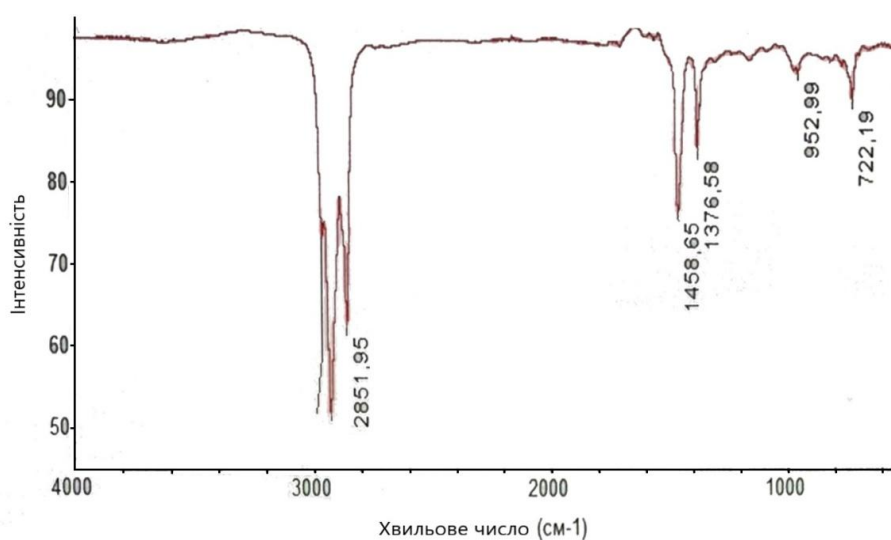


Рис. 4. ІЧ-спектр відпрацьованої напівсинтетичної моторної оливи ELF Evolution 700 STI

Аналізуючи ІЧ-спектри свіжої та відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI, можна ідентифікувати первинні кисневмісні продукти “старіння”: альдегіди, кетони, спирти, етери, естери та органічні кислоти, що утворюються внаслідок перебігу процесів окиснення, полімери-

зації, термічного розкладу, рекомбінації, ущільнення вуглеводнів моторної оливи внаслідок її використання у ДВЗ. Наявність таких продуктів у ІЧ-спектрі відпрацьованої оливи що містять С=О групу, підтверджено смугами поглинання в області смуг поглинання за 1740–1690  $\text{cm}^{-1}$ . Однак у

спектрі вихідної НПСО немає смуг поглинання, характерних для таких сполук. Органічні кислоти у відпрацьованій НПСО ідентифіковано смугами поглинання карбоксильної групи в області смуг поглинання  $1720\text{--}1680\text{ см}^{-1}$ , чого не виявлено в ІЧ-спектрі вихідної напівсинтетичної моторної оливи. Це підтверджує завищене значення кислотного числа відпрацьованої НПСО (табл. 1). Наявність естерів підтверджується в ІЧ-спектрі відпрацьованої оливи ELF Evolution 700 STI в області смуг поглинання за  $1740\text{--}1730\text{ см}^{-1}$ , що відповідає смугі поглинання C=O групи аліфатичних естерів, а також смугою поглинання за  $1235\text{--}1225\text{ см}^{-1}$ , що характерно для валентних коливань C-O зв'язку [16].

Аналізуючи ІЧ-спектри олив, можемо констатувати відсутність естерів у вихідній оливі ELF Evolution 700 STI. Наявність карбонільної групи C=O, яка міститься в альдегідах, кислотах та спиртах, виявлено в ІЧ-спектрі ВНСО та підтверджено смугами поглинання в області смуг поглинання за  $1725\text{--}1620\text{ см}^{-1}$ . Водночас в ІЧ-спектрі вихідної НПСО не виявлено смуг поглинання, що характеризують присутність естерів [16].

Наявність спиртів як одних із первинних продуктів старіння оливи виявлено у відпрацьованій НПСО в області смуг поглинання за  $1725\text{--}1695\text{ см}^{-1}$ , що підтверджується смугою поглинання C=O групи, а також смугою поглинання за  $1165\text{--}1125\text{ см}^{-1}$ , що характерно для деформаційних коливань C-O групи. Порівнюючи ІЧ-спектр ВНСО, можемо стверджувати про відсутність спиртів у вихідній оливі ELF Evolution 700 STI. Етери у ВНСО ідентифіковано в області смуг поглинання за  $1125\text{--}1025\text{ см}^{-1}$  асиметричними валентними коливаннями C-O-C зв'язку, однак в ІЧ-спектрі вихідної оливи ці коливання відсутні.

Результати досліджень, спрямованих на вивчення зміни експлуатаційних властивостей напівсинтетичної моторної оливи ELF Evolution 700 STI, будуть використані для правильного вибору методу її регенерації та повторного її використання за цільовим призначенням або ж в інших галузях промисловості.

### Висновки

Вивчено зміну експлуатаційних властивостей напівсинтетичної моторної оливи для

бензинових двигунів ELF Evolution 700 STI. За допомогою дериватографічних досліджень встановлено, що відпрацьована олива ELF Evolution 700 STI характеризується нижчою термічною стійкістю, порівняно із вихідною новою оливою.

Встановлено, що внаслідок експлуатації двигунів внутрішнього згорання змінюється склад неорганічної частини моторних олив. Це пояснюється спрацюванням присадок, потраплянням в оливу продуктів зношування деталей двигуна, а також доливанням оливи в картер двигуна для підтримання необхідного робочого рівня. Методом ІЧ-спектроскопії підтверджено утворення кисневмісних продуктів "старіння" олив у разі їх тривалого використання у двигунах внутрішнього згорання.

### References

1. Chervins'kyu, T. I., Hrynyshyn, O. B., Korchak, B. O. (2015.) Rehenersatsiya vidprats'ovanykh motornykh olyv u prysutnosti karbamidu. *Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivs'ka politekhnika". Seriya: Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya*, 812, 158–163.
2. Hrynyshyn, O., Korchak, B., Chervinskyu, T., Kochubei, V. (2017). Change in Properties of M-10DM Mineral Motor Oil After Its Using in the Diesel Engine. *Chemistry & Chemical Technology*, 11(3), 387–391. DOI: 10.23939/CHCHT11.03.387.
3. Korchak, B., Hrynyshyn, O., Chervinskyu, T., Polyuzhin, I. (2018). Application of Vacuum Distillation for the Used Mineral Oils Recycling. *Chemistry & Chemical Technology*, 12(3), 365–371. DOI: 10.23939/CHCHT12.03.365.
4. Kuznyetsova, O. Ya., Netreba, zh. M. (2015). Doslidzhennya starinnya mineral'nykh hidravlichnykh olyv. I. Fraktsiynny sklad. *Tekhnolohycheskyy audyt y rezervy proyzvodstva*, 3/4(23), 64–68.
5. Korchak, B., Grynys'hyn, O., Chervinskyu, T., Shapoval, P., Nagurskyu, A. (2020). Thermooxidative Regeneration of Used Mineral Motor Oils. *Chemistry & Chemical Technology*, 14(1), 129–134. DOI: 10.23939/CHCHT14.01.129.
6. Dominguez-Rosado E., Pichtel J. (2003). Chemical Characterization of Fresh, Used and Weathered Motor Oil Via GC/MS, NMR and FTIR Techniques. *Proceeding of Indiana Academy Science*, 112(2), 109–116.
7. Sánchez-Alvarracín, C.; Criollo-Bravo, J.; Albuja-Arias, D.; García-Ávila, F.; Pelaez-Samaniego, M. R. (2021). Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration. *Recycling*, 6(10), 1–22. DOI: 10.3390/recycling6010010.



8. Anand, Kumar Tripathi, Ravikrishnan, Vinu (2015). Characterization of Thermal Stability of Synthetic and Semi-Synthetic Engine Oils. *Lubricants*, 3(1), 54–79. DOI: 10.3390/lubricants3010054.
9. Zhirong Liang, Longfei Chen, Mohammed S. Alam, Soheil Zeraati Rezaei, Christopher Stark, Hongming Xu, Roy M. Harrison (2018). Comprehensive chemical characterization of lubricating oils used in modern vehicular engines utilizing GC × GC-TOFMS. *Fuel* 220, 792–799. DOI: 10.1016/J.FUEL.2017.11.142.
10. Chayka, O. H. (2007). *Ekotekhnolohiya utylizatsiyi vidprats'ovanykh olyn.*: dys. kand. tekhn. nauk. Natsional'nyy universytet "L'vivska politekhnika", Lviv.
11. Karaulov, A., Khudolii, N. (2000). *Avtomobilnye Masla. Motornye i Transportnye. Assortiment i Primenenie*. Kyiv: Raduga.
12. Pelitli, V., Doğan, Ö., Koroğlu, H. J. (2017). Waste oil management: Analyses of waste oils from vehicle vehicle crankcases and gearboxes. *Global Journal of Environmental. Science. Management*, 3(1), 11–20. DOI: 10.22034/gjesm.2017.03.01.002.
13. Pantelis G. Nikolakopoulos, Stamatis Mavroudis and Anastasios Zavos (2018). Lubrication Performance of Engine Commercial Oils with Different Performance Levels: The Effect of Engine Synthetic Oil Aging on Piston Ring Tribology under Real Engine Conditions. *Lubricants*, 6(4), 90–109. DOI:10.3390/lubricants6040090.
14. Stout, S., Litman, E., Blue, D. (2018). Metal concentrations in used engine oils: Relevance to site assessments of soils. *Environmental Forensics*, 19(3), 191–205. DOI:10.1080/15275922.2018.1474288.
15. Evans, J. (2010, January). Where Does All That Metal Come From? *Technical Bulletin*, 47(1), 1–6. Retrieved from [http://wearcheck.com/virtual\\_directories/Literature/Techdoc/WZA047.pdf](http://wearcheck.com/virtual_directories/Literature/Techdoc/WZA047.pdf).
16. Tarasevich, B. N. (2012). *IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soyedineniy. Spravochnyye materialy*. Moskva: Khimiya.

**R. I. Procop<sup>1</sup>, O. B. Grynysyn<sup>1</sup>, T. I. Chervinskyy<sup>1</sup>, V. V. Kochubei<sup>2</sup>**

Lviv Polytechnic National University,

<sup>1</sup>Department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing,

<sup>2</sup>Department of Physical, Analytical and General Chemistry

#### **STUDY OF CHANGES IN PERFORMANCE PROPERTIES OF ELF EVOLUTION 700 STI SEMI-SYNTHETIC ENGINE OIL AFTER USE IN GASOLINE ENGINE**

The paper describes the results of research on changes in the performance of fresh and used semi-synthetic motor oil ELF Evolution 700 STI for gasoline engines of cars. The change of physicochemical properties of fresh and used semi-synthetic motor oil before and after its use in a gasoline engine has been studied. The results of derivatographic and IR spectroscopic studies of these oils are presented. The composition of the inorganic part of the studied semi-synthetic oils was determined by the method of X-ray fluorescence research.

**Key words:** semi-synthetic motor oil; waste oil; thermal decomposition; oil aging; X-ray fluorescence analysis; IR spectra.