

ISSN 1998-7927(print) ISSN 2664-6498 (online)

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2026-301-3-94-100>

УДК 665.6

ВПЛИВ РЕЖИМУ ПРОЛІЗУ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ ОЛИВИ НА ВЛАСТИВОСТІ ОДЕРЖАНИХ ПРОДУКТІВ

Червінський Т.І., Копач А.М., Гринишин О.Б.

INFLUENCE OF PYROLYSIS MODE OF WASTE COMPRESSOR OIL ON THE PROPERTIES OF THE OBTAINED PRODUCTS

Chervinskyi T.I., Kopach A.M., Grynishyn O.B.

Дослідження спрямоване на розв'язання проблеми раціональної утилізації відпрацьованих змащувальних матеріалів та отримання альтернативних джерел енергоносіїв. У роботі встановлена можливість утилізації відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С низькотемпературним піролізом за двох температурних режимів: м'якого, що передбачав повільний нагрів реактора з наважкою сировини, та жорсткого, який характеризувався швидким нагріванням до температури завершення процесу. Продукт цього процесу – піроконденсат. Отримані піроконденсати являли собою рідкі малов'язкі продукти темно-коричневого забарвлення з характерним специфічним запахом, вихід яких за досліджуваних умов не перевищував 89,9 % мас. від маси вихідної сировини. Встановлено, що піроконденсати, отримані за обох температурних режимів, містять значну частку ненасичених вуглеводнів, що підтверджується підвищеними значеннями йодного числа. Методом фракційної перегонки з отриманих піроконденсатів виділено бензинову та дизельну фракції й вуглеводневий залишок. Доведено, що зразки бензинової фракції містять значну кількість парафінових вуглеводнів та сірковмісних сполук, що негативно впливає на величину їх октанового числа. Зразки дизельної фракції відзначаються підвищеним значенням йодного числа та вищим за нормоване значення вмістом сірковмісних сполук, що зумовлює підвищену схильність до осмолення, нагароутворення в камері згорання двигуна та істотно скорочує термін їх зберігання. Встановлено, що у зразках залишків фракційної перегонки піроконденсатів піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С присутні ненасичені та сірковмісні вуглеводні. За отриманими значенням кінематичної в'язкості отримані зразки залишків

належать до I та II груп базових нафтових оливо й з використанням процесів доочищення можуть бути використані як добавки для приготування пластичних мастильних матеріалів. Практична цінність роботи полягає у розробці комплексного підходу до переробки відходів МГД-20С, де важкі залишки після доочищення можуть бути використані як компоненти пластичних мастил, а світлі фракції — як сировина для нафтохімічного синтезу або альтернативне котельне паливо.

Ключові слова: відпрацьовані оливи, компресорна олива, утилізація, регенерація, піроліз, піроконденсат, паливні фракції, залишок.

Вступ. Як відомо, нафтові оливи є невід'ємним компонентом сучасної технічної інфраструктури. Вони широко використовуються для змащення, охолодження та захисту механічних вузлів і агрегатів у транспортних засобах, промисловому обладнанні та енергетичних системах від дії агресивних середовищ. Проте, в процесі експлуатації оливи зазнають термічного, механічного та хімічного впливу, що призводить до деградації їхніх експлуатаційних властивостей і утворення відпрацьованих нафтових оливо (ВНО) [1-4].

Проблема управління відпрацьованими мастильними матеріалами має як екологічний, так і економічний вимір. З одного боку, ВНО містять широкий спектр небезпечних для живих організмів компонентів: поліциклічні ароматичні вуглеводні, галогеноорганічні та

металоорганічні сполуки тощо. Потрапляння мізерних кількостей ВНО у довкілля може спричинити довготривале забруднення ґрунтів, водних ресурсів та атмосфери. Однак, з іншого боку, ВНО є потенційно цінною органічною сировиною, що містять базову оливну фракцію, яка, після використання належних процесів очищення, може повторно бути використана у виробництві товарної мастильної продукції, або ж в енергетичних цілях. Водночас, застосування традиційних методів утилізації ВНО, таких як спалювання або захоронення, супроводжується великими витратами ресурсів, високими викидами шкідливих речовин та втратами цінних компонентів [5-11].

Світова практика демонструє, що регенерація ВНО є одним із найбільш екологічно доцільних і економічно вигідних способів їх обробки. Однак широке впровадження таких технологій дещо стримується низкою технічних, нормативних та економічних бар'єрів, серед яких висока вартість очищення, недосконалість систем збору ВНО, недостатня нормативна регламентація процесів поводження з відпрацьованими олівами та низька обізнаність суб'єктів господарювання щодо можливостей їхньої переробки.

На сьогодні все більший інтерес у технології рециклінгу займає метод низькотемпературного піролізу вуглеводневої сировини з отриманням паливних продуктів цінного хімічного складу [12]. Термічний розклад відпрацьованих олів дозволяє отримувати, як продукти процесу, низькомолекулярні вуглеводні, склад яких є близьким до вуглеводневих нафтових фракцій. Водночас, за умови коректної технологічної реалізації цього процесу відкривається можливість не лише скоротити рівень негативного впливу на навколишнє середовище, а й зменшити залежність від викопних ресурсів, зокрема сирої нафти. Водночас не всі різновиди відпрацьованих олів є придатними для одержання рідких і газоподібних вуглеводнів, які можуть бути використані в паливній галузі. У зв'язку з цим виникає потреба в детальному дослідженні процесів піролізу для кожного типу ВНО з метою оцінювання ефективності та доцільності їх перероблення. Слід також відзначити, що в Україні система утилізації відпрацьованих нафтових олів характеризується низьким рівнем розвитку. Незважаючи на наявність значної кількості наукових праць, присвячених піролізу

відпрацьованих олів [13, 14], проблема їх утилізації залишається невирішеною, а подальші наукові дослідження в цьому напрямі є актуальними та мають важливе практичне значення.

Мета роботи. За різних умов (температура, тривалість) здійснити процес низькотемпературного процесу піролізу відпрацьованої компресорної оливи (ВКО) з одержанням продуктів процесу; здійснити аналіз складу та фізико-хімічних властивостей одержаного піроконденсату, оцінити доцільність використання отриманих з піроконденсату паливних фракцій як компонентів для товарних моторних палив.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сировиною для проведення процесу піролізу слугувала відпрацьована мінеральна компресорна олива марки МГД-20С, яка була відібрана з картера газомотокомпресора після завершення встановленого строку експлуатації.

Процес піролізу відпрацьованої нафтової оливи МГД-20С здійснювали з використанням лабораторної установки, до складу якої входили герметичний металевий реактор, електричний нагрівальний елемент, водяний холодильник та ємність для збору продуктів. У реактор завантажували попередньо зважену наважку відпрацьованої компресорної оливи. Після монтажу установки запускали систему нагрівання та поступово підвищували температуру до значень, необхідних для перебігу піролізу. Температурний режим контролювали за допомогою термопар. У процесі термічного розкладання утворені пароподібні продукти відводили до водяного холодильника, де відбувалася їх часткова конденсація. Рідкий продукт піролізу (піроконденсат) накопичувався у приймальній ємності, тоді як газоподібні неконденсовані продукти (пірогази) відводилися в атмосферу. Після завершення процесу установку демонтували, а реактор і приймач повторно зважували з метою визначення маси твердого залишку та кількості отриманого піроконденсату. На підставі отриманих даних складали матеріальний баланс піролізу.

Подальше розділення піроконденсату на окремі вузькі фракції проводили методом фракційної перегонки з використанням стандартної лабораторної установки для аналізу легких нафтопродуктів. Установка складалася з перегінної колби, електричного колбонагрівача, водяного холодильника, розподільного

пристрою типу «павук» та приймальних посудин для збору фракцій. Температуру відбору фракцій фіксували за допомогою термометра, встановленого на вході до холодильника, що забезпечувало точний контроль температури парової фази.

Вивчення складу та фізико-хімічних характеристик піроконденсату і виділених з нього фракцій здійснювали відповідно до чинних стандартизованих методик. Фракційний склад легких фракцій визначали із застосуванням апарата АРНС. Температуру спалаху легких фракцій вимірювали в закритому тиглі, а важких – у відкритому. Густину піроконденсату та окремих фракцій встановлювали пікнометричним методом, тоді як йодне число для всіх фракцій визначали за методом Маргошеса.

Піроліз відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С проводили за двох температурних режимів: м'якого, що передбачав повільний нагрів реактора з наважкою сировини, та жорсткого, який характеризувався швидким нагріванням до температури завершення процесу (рис. 1). Матеріальні баланси піролізу за обох режимів наведено в табл. 1. Вихід піроконденсату за досліджуваних умов не перевищував 89,9 % мас. від маси вихідної сировини, тоді як кількість залишку в реакторі після піролізу становила не більше 2,8 % мас. Для отриманих піроконденсатів визначали основні експлуатаційні показники та фракційний склад згідно зі стандартизованими методиками. Результати експериментальних досліджень наведено в табл. 2.

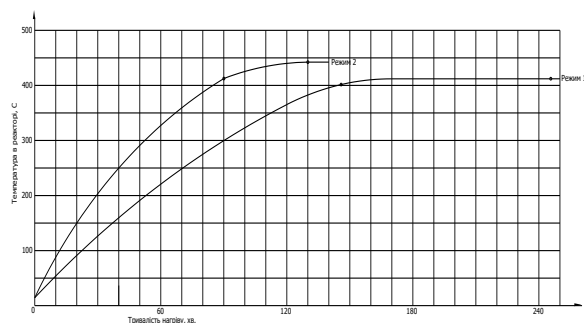


Рис.1. Температурні режими процесу піролізу ВКО МГД-20С: режим 1 – м'який; режим 2 – жорсткий

Отримані в результаті піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С піроконденсати являли собою рідкі малов'язкі продукти темно-коричневого забарвлення з характерним специфічним запахом. Згідно з даними, наведеними в табл. 2, встановлено, що піроконденсати, отримані за обох

температурних режимів, містять значну частку ненасичених вуглеводнів, що підтверджується підвищеними значеннями йодного числа.

Таблиця 1

Матеріальний баланс процесу піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С

Сировина і продукти	Температурний режим процесу піролізу	
	М'який	Жорсткий
Взято: ВКО МГД-20С	100,0	100,0
Отримано:		
Піроконденсат	89,2	89,9
Залишок	2,8	2,5
Газ і втрати	8,0	7,6
Всього	100,0	100,0

Температура застигання досліджуваних зразків була нижчою за -20°C , що вказує на незначний вміст у їх складі аліфатичних, зокрема парафінових, вуглеводневих структур. Крім того, у піроконденсатах зафіксовано високий вміст сірки, присутність якої обумовлена нафтовим походженням вихідної оливи МГД-20С.

Обидва зразки піроконденсатів характеризуються низькими значеннями температури спалаху, що свідчить про їх підвищену вибухо- та пожежонебезпечність. У зв'язку з цим використання отриманих продуктів як складових котельних палив є недоцільним.

Таблиця 2

Характеристика піроконденсатів піролізу відпрацьованої оливи МГД-20С

Показник	Температурний режим процесу піролізу	
	М'який	Жорсткий
Зовнішній вигляд	Маловязка прозора рідина темно-коричневого кольору	
Густина, кг/м^3	828	837
Показник заломлення	1,4657	1,4697
Вміст сірки, % мас.	0,178	0,180
Йодне число, $\text{г I}_2/100 \text{ г}$	52,9	55,7
Температура застигання, $^{\circ}\text{C}$	<-20	<-20
Температура спалаху у відкритому тиглі, $^{\circ}\text{C}$	54	55
Температура спалаху у закритому тиглі, $^{\circ}\text{C}$	36	38

Для проведення наступних наукових досліджень від отриманих піроконденсатів здійснювали відгін бензинової (випає до 200°C) та дизельної ($200-350^{\circ}\text{C}$) фракцій. Надалі, отримані паливні фракції аналізували

окремо за стандартизованими методиками аналізів нафтових палив.

Отримані результати проведених досліджень зразків бензинової фракції подані у табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика зразків бензинової фракції піроконденсату піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С

Показник	Температурний режим процесу піролізу	
	М'який	Жорсткий
Зовнішній вигляд	Прозора рідина світло-жовтого кольору	
Вихід на піроконденсат, % мас.	19,2	16,3
Густина, кг/м ³	746	741
Показник заломлення	1,4241	1,4237
Вміст сірки, % мас.	0,114	0,116
Йодне число, г I ₂ /100 г	74,8	78,2

За показниками густини обидва зразки бензинової фракції відповідають типовим значенням, характерним для легких бензинових компонентів. Водночас бензинова фракція, отримана за жорсткого температурного режиму піролізу, характеризується дещо нижчою густиною, що свідчить про підвищену частку легколетких сполук у її складі.

Близькі значення показника заломлення для обох зразків вказують на подібну молекулярну будову та хімічний склад фракцій, а також на значний вміст парафінових вуглеводнів. Наявність таких компонентів негативно впливає на октанове число бензинової фракції, що обмежує можливості її безпосереднього використання як моторного палива.

Обидва зразки бензинової фракції характеризуються відносно невисоким вмістом сірки. Проте зразок, отриманий за жорсткого режиму піролізу, містить дещо більшу кількість сірковмісних сполук. З огляду на екологічні вимоги та необхідність відповідності стандартам Євро-5/Євро-6, використання таких фракцій у складі моторних паливних сумішей потребує проведення процесів гідроочищення.

Підвищені значення йодного числа бензинових фракцій піроконденсатів, отриманих у процесі піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С, свідчать про значну частку ненасичених вуглеводнів у їх складі.

Для двох зразків дизельної фракції піроконденсатів піролізу ВКО МГД-20С визначали основні експлуатаційні

характеристики з використанням загальноприйнятих стандартизованих методик. Результати проведених досліджень наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Характеристика зразків дизельної фракції піроконденсату піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С

Показник	Температурний режим процесу піролізу	
	М'який	Жорсткий
Зовнішній вигляд	Прозора рідина насиченого жовтого кольору	
Вихід на піроконденсат, % мас.	45,4	41,2
Густина, кг/м ³	832	833
Показник заломлення	1,4639	1,4652
Йодне число, г I ₂ /100 г	62,0	67,9
Вміст сірки, % мас.	0,180	0,178
Температура помутніння, °С	-12	-11
Температура застигання, °С	<-20	<-20
Температура спалаху в закритому тиглі, °С	51	38

Аналіз результатів досліджень, наведених у табл. 4, показує, що експлуатаційні характеристики дизельних фракцій піроконденсатів, отриманих у процесі піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С, лише незначною мірою відрізняються залежно від температурного режиму проведення процесу. Значення густини досліджуваних зразків перебувають у межах, характерних для товарного дизельного палива.

Показники йодного числа свідчать про наявність у складі дизельних фракцій ненасичених вуглеводнів, що обумовлює їх знижену хімічну стійкість до окиснювальних процесів, підвищену схильність до осмолення та обмежені можливості тривалого зберігання. З урахуванням вмісту сірки та екологічних вимог, такі дизельні фракції доцільно спрямовувати на стадію гідроочищення.

Низькотемпературні властивості досліджуваних зразків дизельної фракції вказують на незначну частку лінійних парафінових вуглеводнів у їх складі, що свідчить про потенційну можливість використання цих фракцій у процесах формування зимових дизельних палив.

В процесі відгонки паливних фракцій від піроконденсату піролізу ВКО МГД-20С був отриманий залишок, властивості якого

визначали за стандартизованими методиками, а отримані результати досліджень подано у табл. 5

Таблиця 5

Характеристика залишку перегонки піроконденсату піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С

Показник	Температурний режим процесу піролізу	
	М'який	Жорсткий
Зовнішній вигляд	В'язка рідина темно-коричневого кольору	
Вихід на піроконденсат, % мас.	35,4	42,5
Густина, кг/м ³	887	896
Показник заломлення	1,4923	1,4960
Вміст сірки, % мас.	0,211	0,202
Йодне число, г I ₂ /100 г	41,3	45,7
Температура застигання, °С	-6	-8
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	200	225
В'язкість:		
ν_{50} , мм ² /с	14,12	20,33
ν_{100} , мм ² /с	4,31	5,72

На підставі результатів експериментальних досліджень експлуатаційних характеристик залишкових продуктів фракційної перегонки піроконденсатів, отриманих у процесі піролізу відпрацьованої компресорної оливи МГД-20С, можна зробити такі висновки. Значення показника заломлення для обох зразків залишку відповідають фракціям із підвищеним вмістом ароматичних та поліциклічних вуглеводнів.

Підвищена концентрація сірки в залишкових продуктах свідчить про доцільність застосування гідрогенізаційних методів очищення з метою покращення їх екологічних та експлуатаційних показників. Значення йодного числа вказують на наявність у складі залишків ненасичених сполук, що зумовлює їх обмежену стабільність під час зберігання, схильність до окиснювальних процесів та утворення смолистих речовин.

Показники температури спалаху, визначені у відкритому тиглі, підтверджують достатній рівень вогнестійкості залишкових фракцій, що дозволяє розглядати можливість їх використання як складових компонентів пластичних мастил. Разом з тим значення кінематичної в'язкості досліджуваних залишків відповідають характеристикам базових нафтових олів I та II груп.

Висновки. Вивчено процес низькотемпературного піролізу відпрацьованої нафтової компресорної оливи марки МГД-20С

за умов м'якого та жорсткого температурних режимів.

Досліджено склад та основні експлуатаційні властивості отриманих зразків піроконденсату піролізу відпрацьованої компресорної оливи марки МГД-20С.

Досліджено склад і властивості паливних фракцій, виділених із піроконденсату процесу піролізу ВКО МГД-20С. Доведено, що зразки бензинової фракції містять значну кількість парафінових вуглеводнів та сірковмісних сполук, що негативно впливає на величину їх октанового числа. Зразки дизельної фракції відзначаються підвищеним значенням йодного числа та вищим за нормоване значення вмістом сірковмісних сполук, що зумовлює підвищену схильність до осмолення, нагароутворення в камері згоряння двигуна та істотно скорочує термін їх зберігання.

Встановлено, що у зразках залишків фракційної перегонки піроконденсатів піролізу ВКО МГД-20С присутні ненасичені та сірковмісні вуглеводні. За отриманими значеннями кінематичної в'язкості отримані зразки залишків належать до I та II груп базових нафтових олів й можуть бути використані як добавки для приготування пластичних мастильних матеріалів.

Підтверджено, що вузькі паливні фракції піроконденсату піролізу ВКО МГД-20С не можуть бути використані як компоненти товарних палив без застосування процесів додаткового очищення.

Література

1. Кузнецова О., Нетреба З. Дослідження старіння мінеральних гідравлічних олів. I. Фракційний склад. *Технологічний аудит і резерви виробництва*. 2015. Том 3, № 4. С. 64–68.
2. Dominguez-Rosado E., Pichtel J. Chemical Characterization of Fresh, Used and Weathered Motor Oil Via GC/MS, NMR and FTIR Techniques. *Proceeding of Indiana Academy Science*. 2003. Vol. 112, No 2. P. 109–116.
3. Sánchez-Alvarracín, C.; Criollo-Bravo, J.; Albuja-Arias, D.; García-Ávila, F.; Pelaez-Samaniego, M.R. Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration. *Recycling*. 2021. Vol. 6, No 10. P. 1–22. doi: 10.3390/recycling6010010.
4. Караулов А., Худолій Н. Автомобільні масла. Моторні і транспортні. Асортимент і застосування: навч. посіб. Київ: Райдуга, 2000. 165 с.
5. Червінський Т., Гринишин О., Корчак Б. Регенерація відпрацьованих моторних олів в

- присутності карбаміду. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування.* 2015. № 812. С. 158–163.
6. Hrynyshyn O., Korchak B., Chervinsky T., Kochubei V. Change in Properties of M-10DM Mineral Motor Oil After Its Using in the Diesel Engine. *Chemistry & Chemical Technology.* 2017. Vol. 11, № 3. P. 387–391.
 7. Korchak B., Hrynyshyn O., Chervinsky T., Polyuzhin I. Application of Vacuum Distillation for the Used Mineral Oils Recycling. *Chemistry & Chemical Technology.* 2018. Vol. 12, № 3. P. 365–371.
 8. Korchak B., Grynshyn O., Chervinsky T., Shapoval P., Nagursky A. Thermooxidative Regeneration of Used Mineral Motor Oils. *Chemistry & Chemical Technology.* 2020. Vol. 14, № 1. P. 129–134.
 9. Чайка О.Г., Ковальчук О.З., Чайка Ю.А. Моніторинг утворення відпрацьованих олив в Україні. *Вісник НУ «Львівська політехніка» «Хімія, технологія речовин та їх застосування».* 2009. № 644. С. 221–224.
 10. Zhirong Liang, Longfei Chen, Mohammed S. Alam, Soheil Zeraati Rezaei, Christopher Stark, Hongming Xu, Roy M. Harrison. Comprehensive chemical characterization of lubricating oils used in modern vehicular engines utilizing GC × GC-TOFMS. *Fuel.* 2018. Vol. 220. P. 792–799.
 11. Zhiwei C., Yingjie L., Chunxiao Z., Yi F.; Jianli Z. A review on resource utilization of oil sludge based on pyrolysis and gasification. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* 2023. Vol. 11. P. 109692.
 12. Johnson O., Affam A. Petroleum sludge treatment and disposal: A review. *Environmental Engineering Research.* 2019. Vol. 24, № 2. P. 191–201.
 13. Jia H., Zhao S., Zhou X., Qu C., Fan D., Wang C. Low-temperature pyrolysis of oily sludge: roles of Fe/Al-pillared bentonites. *Archives of Environmental Protection.* 2017. Vol. 43. P. 82–90.
 14. Vdovenko S., Boichenko S., Kochubey V. Composition and properties of the refinery oily sludge. *Chemistry & Chemical Technology.* 2015. Vol. 9, № 3. P. 257–260.
- American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration. *Recycling.* 2021. Vol. 6, No 10. P. 1–22. doi: 10.3390/recycling6010010.
4. Karaulov A., Khudoliy N. Avtomobil'ni masla. Motorni i transportni. Asortyment i zastosuvannya: navch. posib. Kyiv: Rayduha, 2000. 165 s.
 5. Chervins'ky T., Hrynyshyn O., Korchak B. Reheneratsiya vidprats'ovanykh motornykh olyv v prysutnosti karbamidu. *Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika».* Seriya: Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya. 2015. № 812. S. 158–163.
 6. Hrynyshyn O., Korchak B., Chervinsky T., Kochubei V. Change in Properties of M-10DM Mineral Motor Oil After Its Using in the Diesel Engine. *Chemistry & Chemical Technology.* 2017. Vol. 11, № 3. P. 387–391.
 7. Korchak B., Hrynyshyn O., Chervinsky T., Polyuzhin I. Application of Vacuum Distillation for the Used Mineral Oils Recycling. *Chemistry & Chemical Technology.* 2018. Vol. 12, № 3. P. 365–371.
 8. Korchak B., Grynshyn O., Chervinsky T., Shapoval P., Nagursky A. Thermooxidative Regeneration of Used Mineral Motor Oils. *Chemistry & Chemical Technology.* 2020. Vol. 14, № 1. P. 129–134.
 9. Chayka O.H., Koval'chuk O.Z., Chayka YU.A. Monitorynh utvorennya vidprats'ovanykh olyv v Ukraini. *Visnyk NU «L'vivs'ka politekhnika» «Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya».* 2009. № 644. S. 221–224.
 10. Zhirong Liang, Longfei Chen, Mohammed S. Alam, Soheil Zeraati Rezaei, Christopher Stark, Hongming Xu, Roy M. Harrison. Comprehensive chemical characterization of lubricating oils used in modern vehicular engines utilizing GC × GC-TOFMS. *Fuel.* 2018. Vol. 220. P. 792–799.
 11. Zhiwei C., Yingjie L., Chunxiao Z., Yi F.; Jianli Z. A review on resource utilization of oil sludge based on pyrolysis and gasification. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* 2023. Vol. 11. P. 109692.
 12. Johnson O., Affam A. Petroleum sludge treatment and disposal: A review. *Environmental Engineering Research.* 2019. Vol. 24, № 2. P. 191–201.
 13. Jia H., Zhao S., Zhou X., Qu C., Fan D., Wang C. Low-temperature pyrolysis of oily sludge: roles of Fe/Al-pillared bentonites. *Archives of Environmental Protection.* 2017. Vol. 43. P. 82–90.
 14. Vdovenko S., Boichenko S., Kochubey V. Composition and properties of the refinery oily sludge. *Chemistry & Chemical Technology.* 2015. Vol. 9, № 3. P. 257–260.

References

1. Kuznetsova O., Ntreba Z. Doslidzhennya starinnykh mineral'nykh hidravlichnykh olyv. I. Fraktsiynny sklad. *Tekhnolohichnyy audyt i rezervy vyrobnystva.* 2015. Tom 3, № 4. S. 64–68.
2. Dominguez-Rosado E., Pichtel J. Chemical Characterization of Fresh, Used and Weathered Motor Oil Via GC/MS, NMR and FTIR Techniques. *Proceeding of Indiana Academy Science.* 2003. Vol. 112, No 2. P. 109–116.
3. Sánchez-Alvarracín, C.; Criollo-Bravo, J.; Albuja-Arias, D.; García-Ávila, F.; Pelaez-Samaniego, M.R. Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-

Chervinskyi T.I., Kopach A.M., Hrynyshyn O.B. Influence of pyrolysis conditions of waste compressor oil on the properties of the obtained products.

This work investigates the potential for recycling waste lubricants and their conversion into alternative energy resources. The study established the feasibility of recycling used compressor oil MHD-20S by low-temperature pyrolysis under two temperature regimes: a mild regime, involving slow heating of the reactor loaded with the feedstock, and a severe regime, characterized by rapid heating to the final process temperature. The main product of the process was a pyrocondensate. The obtained pyrocondensates were dark brown, low-viscosity liquid products with a characteristic odor.

Under the investigated conditions, their yield did not exceed 89.9 wt.% relative to the initial feedstock. It was found that pyrocondensates produced under both temperature regimes contained a significant proportion of unsaturated hydrocarbons, as evidenced by increased iodine values. Gasoline and diesel fractions, as well as a hydrocarbon residue, were isolated from the pyrocondensates by fractional distillation. It was demonstrated that the gasoline fraction samples contained a considerable amount of paraffinic hydrocarbons and sulfur-containing compounds, which negatively affected their octane number. The diesel fractions were characterized by elevated iodine values and sulfur contents exceeding standard limits, resulting in an increased tendency toward resin formation and carbon deposition in the engine combustion chamber, as well as a significant reduction in storage stability. It was also established that unsaturated and sulfur-containing hydrocarbons were present in the fractional distillation residues of the pyrocondensates obtained from the pyrolysis of used compressor oil MHD-20S. Based on the measured kinematic viscosity values, the residue samples can be classified as Group I and Group II base petroleum oils and, after further purification, may be used as components for the formulation of plastic lubricants. The practical significance of this work lies in the development of a comprehensive approach to MHD-20S waste processing, where heavy residues, following additional purification, can serve as components for lubricating greases, while light fractions can be utilized as feedstocks for petrochemical synthesis or as alternative boiler fuels.

Keywords: waste oils, compressor oil, utilization, regeneration, pyrolysis, pyrocondensate, fuel fractions, residue.

Червінський Тарас Ігорович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка»,
orcid.org/0000-0002-0193-1507
e-mail: taras.i.chervinskiyi@lpnu.ua

Копач Андрій Миколайович – аспірант кафедри хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка»,
orcid.org/0009-0002-4162-8550
e-mail: andrii.m.kopach@lpnu.ua

Гринишин Олег Богданович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка»,
orcid.org/0000-0003-4103-3784
e-mail: ogrynyshyn@ukr.net

Дата першого надходження статті 12.02.2026.

Дата прийняття статті до друку після рецензування 25.03.2026.

Дата публікації 11.05.2026.



Стаття з відкритим доступом,
відповідно до умов ліцензії
[Creative Commons \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)