

Б. О. Корчак¹, О. Б. Гринишин², Т. І. Червінський², С. В. Пиш'єв²

Національний університет "Львівська політехніка",

¹ кафедра цивільної безпеки

² кафедра хімічної технології переробки нафти і газу

kor4ak93@gmail.com

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ

<https://doi.org/10.23939/ctas2021.02.033>

Розглянуто основні методи регенерації відпрацьованих мінеральних моторних олив, зокрема фізичні, хімічні, фізико-хімічні методи. Проведено функціонально-вартісний аналіз методів регенерації відпрацьованих мінеральних моторних олив за допомогою галузевих експертів. Функціонально-вартісний аналіз полягає в методі парних порівнянь та передбачає процес ранжирування вибраних характеристик за ступенем важливості (вагомості). Для цього кожній характеристиці присвоюється певний індекс. У результаті проведеного функціонально-вартісного аналізу встановлено доцільність використання технологій вакуумної перегонки та гідрокрекінгу відпрацьованих олив у процесах регенерації відпрацьованих олив.

Ключові слова: регенерація олив, функціонально-вартісний аналіз, відпрацьована олива, гідрокрекінг олив, коагуляція.

Вступ

У світі щорічно зростає потреба у якісних мастильних матеріалах. Зокрема, відповідно до щорічного огляду Національного інституту мастильних матеріалів в 2018 році виробництво олив в Європі збільшилося на 1,2 %. Під час дослідження також зібрано дані про використання базових олив вироблених у Європі, згідно з якими 86,5 % використовували як мінеральні базові оливи; 10,4 % – як синтетичні; 3,1 % – як напівсинтетичні оливи [1].

Водночас із щорічним зростанням споживання товарних олив у світі, зростає відповідно й кількість відпрацьованих олив (ВО), що, своєю чергою, призводить до їх нагромадження, яке негативно впливає на навколишнє середовище та створює проблему їх раціональної утилізації. Основні «виробники» відпрацьованих олив в Україні – це індустрія (28 %), транспорт (38 %), сільське господарство (23 %) та будівництво (11 %) [2]. Сьогодні переробка вторинної сировини – це насамперед турбота про екологію та майбутні покоління!

В світі існують різноманітні методи і технології регенерації та утилізації відпрацьованих

олив, що дають змогу повторно їх використовувати у різноманітних галузях промисловості.

Регенерація відпрацьованих мінеральних моторних олив (ВММО), одержаних з бензинових та дизельних ДВЗ, передбачає аналізування продуктів їхнього старіння та зміни фізико-хімічних експлуатаційних властивостей, а також урахування вимог до регенованих олив з метою забезпечення економічної доцільності проведеної регенерації та одержання високоякісної регенованої оливи: вилучити з відпрацьованої оливи механічні домішки – воду, пил, продукти розкладу присадок; відокремити від оливи легкі вуглеводні – залишки незгорівшого палива; змінити груповий вуглеводневий склад відпрацьованих олив, максимально наблизивши його до складу вихідної оливи відповідної марки; покращити в'язкісно-температурні властивості ВО; виправити низькотемпературні властивості ВО; зменшити кислотне число ВО. У разі виконання поставлених завдань буде одержано компонент базової оливи, який можна використовувати для виробництва товарних олив або в інших галузях промисловості. Для виконання поставленого завдання спочатку необхідно про-

вести детальний аналіз загальновідомих методів регенерації олив, а також вивчити можливість використання нових методів. З метою вибору оптимальної технології регенерації ВО доцільно використати функціонально-вартісний аналіз (ФВА) відомих технологій регенерації ВО, який дає змогу одночасно сформулювати основу ранжирування і має достатньо простий математичний апарат обрахунків [3–5].

Мета досліджень

Використовуючи метод функціонально-вартісного аналізу, визначити найоптимальніший метод регенерації відпрацьованих мінеральних моторних олив.

Матеріали та методи досліджень

Метод парних порівнянь ФВА передбачає ранжирування вибраних характеристик за ступенем важливості (вагомості). Для цього кожній характеристиці присвоюють певний індекс.

Враховуючи кількість характеристик n , за виразом 1 визначаємо необхідну кількість порівнянь.

$$p = \frac{n(n-1)}{2} \quad (1)$$

За парного порівняння вибраних характеристик використано три ступені вагомості: більш значуща – оцінка 1,5, менш значуща – оцінка 0,5 і рівнозначні між собою – оцінка 1. Згідно з методикою ФВА опитано X незалежних експертів, кожному з яких запропоновано порівняти попарно характеристики X_1 - X_9 та вибрати з кожної пари вагомості характеристику технологій регенерації ВО.

Сумарну середню оцінку ступеня вагомості кожної з вибраних характеристик розраховували як результат оцінки всіх експертів за виразом:

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^m B_i}{m} \quad (2)$$

де B_i – значення ступеня вагомості характеристики, визначені кожним експертом; m – кількість експертів.

Другу середню оцінку k_2 другого з двох порівнюваних критеріїв визначали за виразом:

$$k_2 = 2 - k_1 \quad (3)$$

На основі даних експертного опитування заповнюється таблиця пріоритетів характеристик. Значення, розташовані вище головної діагоналі матриці, відповідають середнім оцінкам k_1 , а значення, розташовані нижче головної діагоналі – оцінкам k_2 . Коефіцієнт пріоритету розрахований для кожної стрічки таблиці за формулою:

$$k_{\text{приор.}} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} k_i}{n(n-1)} \quad (4)$$

де значення $\sum_{i=1}^{m-1} k_i$ беруться з таблиці; n – кількість порівнюваних характеристик.

Вихідними даними для виконання ФВА технологій та методів регенерації ВО були вибрані перелічені нижче характеристики:

- X_1 – якість регенованої оливи;
- X_2 – вихід регенованої оливи;
- X_3 – кількість побічних продуктів регенерації ВО та можливість їх подальшого використання;
- X_4 – питома вартість регенерації ВО;
- X_5 – використання реагентів у технології регенерації ВО;
- X_6 – необхідність використання для регенерації ВО високих температур і тисків;
- X_7 – транспортне виконання установки регенерації ВО (стаціонарне чи мобільне);
- X_8 – клас небезпеки побічних продуктів регенерації, що визначається токсичністю продуктів, особливими умовами зберігання та впливом на довкілля;
- X_9 – клас небезпеки технологічного процесу.

Для проведення порівняльного аналізу вибрано такі технології регенерації ВО:

- Y_1 – відстоювання;
- Y_2 – фільтрація;
- Y_3 – центрифугування;
- Y_4 – вакуумна перегонка;
- Y_5 – адсорбція;
- Y_6 – коагуляція;
- Y_7 – кислотно-лужне очищення;
- Y_8 – гідрокрекінг.

Результати досліджень та їх обговорення

Сьогодні всі відомі методи та технології регенерації відпрацьованих нафтових оливо скеровані на одержання оливо, які б за своїми експлуатаційними властивостями відповідали компонентам товарних оливо. Відомо, що ці технології потребують значних капітальних та енергетичних витрат. Тому важливим завданням є визначення найоптимальнішої технології регенерації оливо, у результаті якої буде одержана олива, що за якістю відповідатиме основним експлуатаційним вимогам.

У табл. 1 для експертної оцінки наведено класифікацію методів та технологій, які використовуються для регенерації ВО, а також описано їхні переваги та недоліки згідно з [6–17].

Встановлено (табл. 1), що наявні технології регенерації ВО відрізняються не тільки технологією чи методом регенерації, але і ступенем ефективності та вартістю.

Щоб визначити за вищеподаними характеристиками оптимальну технологію регенерації ВО, здійснено функціонально-вартісний аналіз, на підставі якого встановлений ступінь важливості кожної характеристики, числові значення яких подано в табл. 2.

На підставі даних експертного опитування заповнена таблиця пріоритетів характеристик (табл. 3). Значення, розташовані вище від головної діагоналі матриці в табл. 3, відповідають середнім оцінкам k_1 у табл. 2, а значення, розташовані нижче від головної діагоналі – оцінкам k_2 .

Таблиця 1

Характеристика методів і технологій регенерації ВО

Метод	Технологія	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Фізичні	Відстоювання	– відсутність реагентів; – можливість залучення відпрацьованих оливо різного походження; – невисока вартість обладнання.	– необхідність додаткових стадій регенерації; – не видаляє повністю продукти «старіння» (кисневмісні сполуки, асфальто-смолисті речовини), механічні домішки тощо; – тривалість процесу; – низька ефективність; – необхідність утилізації утворених шламів.
	Фільтрація	– відсутність реагентів; – низька енерговитратність; – можливість використання ВО різного походження; – використання безпосередньо під час експлуатації оливи.	– низька ефективність; – невідновлення фільтрувального елемента; – необхідність додаткових стадій регенерації; – необхідність утилізації утворених шламів.
	Центрифугування	– відсутність реагентів; – одержання компонентів базової оливи; – вилучення механічних домішок, води; – висока швидкість та продуктивність процесу.	– необхідність доочистки оливи; – не видаляє кисневмісні продукти «старіння»; – складність конструкції та висока вартість обладнання; – висока енерговитратність; – необхідність утилізації шламів.
	Вакуумна перегонка	– відсутність реагентів – одержання компонента базової оливи; – висока продуктивність; – можливість використання поточного обладнання НПЗ.	– висока вартість обладнання; – енерговитратність; – необхідність утилізації утвореного кубового залишку.

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Фізико-хімічні	Адсорбція	– висока ефективність очистки; – вилучення продуктів окиснення та асфальто-смолистих речовин; – можливість регенерації ВО різного складу та походження; – простота апаратного оформлення; – висока ефективність.	– необхідність стадії підготовки адсорбенту та його регенерації (утилізації); – тривалість процесу; – відсутність контролю в'язкості.
	Коагуляція	– видалення продуктів окиснення, асфальто-смолистих речовин та механічних домішок; – покращується фільтрованість оливи; – висока швидкість процесу.	– значна витрата реагентів; – необхідність додаткової доочистки оливи; – складність підбору коагулянту та оптимальних умов процесу; – відсутність універсального коагулянта; – висока вартість коагулянта; – енерговитрати.
Хімічні	Кисотно-лужне очищення	– можливість регенерації значних об'ємів ВО; – висока продуктивність; – одержання компонентів базової оливи.	– необхідність утилізації кислих залишків; – низька селективність процесу; – необхідність облаштування полігонів, для утилізації залишків процесу(кислих гудронів); – значна витрата реагентів; – необхідність додаткової стадії доочистки оливи; – висока вартість обладнання та енерговитрати; – не забезпечує вилучення з ВО поліциклічної ароматики і високотоксичних сполук хлору.
	Гідрокрекінг	– одержання високоякісних оливи; – висока ефективність та екологічність процесу; – висока продуктивність.	– необхідна велика кількість водню; – висока вартість каталізатора; – необхідність регенерації каталізатора; – висока вартість обладнання; – енергозатратність.

Таблиця 2

Експертна оцінка характеристик технологій та методів регенерації ВО

Порівнювані пари характеристик	Експертна оцінка							Середня оцінка	
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7	k ₁	k ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X ₁ &X ₂	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	1,50	1,00	1,36	0,64
X ₁ &X ₃	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,29	0,71
X ₁ &X ₄	1,50	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	1,50	1,36	0,64
X ₁ &X ₅	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,21	0,79
X ₁ &X ₆	1,50	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	1,50	1,36	0,64
X ₁ &X ₇	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,43	0,57
X ₁ &X ₈	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,36	0,64

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X ₁ &X ₉	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	1,50	1,00	1,36	0,64
X ₂ &X ₃	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,29	0,71
X ₂ &X ₄	1,50	1,00	1,00	1,50	1,50	1,00	1,50	1,29	0,71
X ₂ &X ₅	1,50	1,50	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,43	0,57
X ₂ &X ₆	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	0,50	1,14	0,86
X ₂ &X ₇	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,50
X ₂ &X ₈	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,50	1,36	0,64
X ₂ &X ₉	1,50	1,50	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,29	0,71
X ₃ &X ₄	1,00	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,00	1,14	0,86
X ₃ &X ₅	1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,14	0,86
X ₃ &X ₆	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00
X ₃ &X ₇	1,50	0,50	1,00	1,50	1,50	1,00	0,50	1,07	0,93
X ₃ &X ₈	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,79	1,21
X ₃ &X ₉	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,57	1,43
X ₄ &X ₅	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,14	0,86
X ₄ &X ₆	1,00	1,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,00	1,07	0,93
X ₄ &X ₇	1,50	1,50	1,00	1,50	1,50	0,50	1,00	1,21	0,79
X ₄ &X ₈	1,50	0,50	1,00	1,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
X ₄ &X ₉	1,50	0,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,07	0,93
X ₅ &X ₆	1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,14	0,86
X ₅ &X ₇	1,00	0,50	1,00	1,50	0,50	0,50	1,00	0,86	1,14
X ₅ &X ₈	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,64	1,36
X ₅ &X ₉	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	1,50	0,50	0,86	1,14
X ₆ &X ₇	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,79	1,21
X ₆ &X ₈	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,50	0,79	1,21
X ₆ &X ₉	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,14	0,86
X ₇ &X ₈	1,50	1,50	1,00	0,50	1,00	1,50	1,00	1,14	0,86
X ₇ &X ₉	1,00	1,50	1,00	0,50	1,00	1,50	1,50	1,14	0,86
X ₈ &X ₉	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,64	1,36

На основі табл. 3 виконана бальна оцінка кожної характеристики, оцінюючи кожне значення за ступенем доцільності в технологічному процесі. Найкращим значенням присвоєно 10 балів, близьким до найкращих – 8–9 балів, прийнятним значенням – 4–7 балів, близьким до

прийнятних – 2–3 бали, незадовільним – 0–1 бал. Результати бальної оцінки характеристик подано в табл. 4.

Виконавши бальне оцінювання та знаючи пріоритет кожної характеристики, визначали їхні інтегральні оцінки, які подано в табл. 5.

Таблиця 3

Пріоритет характеристик технологій та методів регенерації ВО

Індекс	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	Визначення пріоритету		Пріоритет х-ки
										Σ	K _{пріор}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X ₁	0,00	1,36	1,29	1,36	1,21	1,36	1,43	1,36	1,36	10,71	0,149	1
X ₂	0,64	0,00	1,29	1,29	1,43	1,14	1,50	1,36	1,29	9,93	0,138	2
X ₃	0,71	0,71	0,00	1,14	1,14	1,00	1,07	0,79	0,57	7,14	0,099	7
X ₄	0,64	0,71	0,86	0,00	1,14	1,07	1,21	1,00	1,07	7,71	0,107	4
X ₅	0,79	0,57	0,86	0,86	0,00	1,14	0,86	0,64	0,86	6,57	0,091	9

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X ₆	0,64	0,86	1,00	0,93	0,86	0,00	0,79	0,79	1,14	7,00	0,097	8
X ₇	0,57	0,50	0,93	0,79	1,14	1,21	0,00	1,14	1,14	7,43	0,103	6
X ₈	0,64	0,64	1,21	1,00	1,36	1,21	0,86	0,00	0,64	7,57	0,105	5
X ₉	0,64	0,71	1,43	0,93	1,14	0,86	0,86	1,36	0,00	7,93	0,110	3

Таблиця 4

Бальна оцінка характеристик технологій регенерації ВО

Назва технології		Бальна оцінка характеристик								
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Відстоювання	Y ₁	1,29	3,71	1,71	7,29	7,14	7,71	5,29	4,71	6,57
Фільтрація	Y ₂	3,14	6,00	2,00	6,00	8,00	7,00	7,00	3,29	6,86
Центрифугування	Y ₃	4,71	7,43	3,86	6,00	8,43	7,29	7,71	4,71	7,29
Вакуумна перегонка	Y ₄	8,00	8,00	6,71	6,29	10,00	6,00	6,29	6,71	6,71
Адсорбція	Y ₅	6,57	6,71	3,29	4,86	4,57	6,14	5,57	4,86	6,43
Коагуляція	Y ₆	5,71	6,71	3,29	5,14	4,86	6,57	4,29	3,86	5,29
Кисотно-лужне очищення	Y ₇	7,29	7,14	3,29	5,14	3,14	6,57	3,71	1,29	2,43
Гідрокрекінг	Y ₈	9,86	9,57	8,71	5,00	8,14	5,00	6,00	7,71	4,86

Таблиця 5

Інтегральна оцінка технологій регенерації ВО

Назва технології	Інтегральна оцінка									Сума оцінок	Пріоритет технології
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉		
Відстоювання	0,19	0,55	0,26	1,08	1,06	1,15	0,79	0,70	0,98	6,76	4
Фільтрація	0,43	0,83	0,28	0,83	1,10	0,97	0,97	0,45	0,95	6,80	3
Центрифугування	0,47	0,74	0,38	0,60	0,84	0,72	0,77	0,47	0,72	5,70	5
Вакуумна перегонка	0,86	0,86	0,72	0,67	1,07	0,64	0,67	0,72	0,72	6,93	1
Адсорбція	0,60	0,61	0,30	0,44	0,42	0,56	0,51	0,44	0,59	4,47	6
Коагуляція	0,56	0,65	0,32	0,50	0,47	0,64	0,42	0,38	0,51	4,44	7
Кисотно-лужне очищення	0,75	0,74	0,34	0,53	0,32	0,68	0,38	0,13	0,25	4,13	8
Гідрокрекінг	1,04	1,01	0,92	0,53	0,86	0,53	0,63	0,81	0,51	6,82	2

Проведений аналіз методів регенерації відпрацьованих олив за допомогою методу ФВА показав, що найвищу інтегральну оцінку отримала технологія вакуумної перегонки, дещо нижчу оцінку – технологія гідрокрекінгу.

Процес гідрокрекінгу ВММО добре вивчений і використовується у світовій практиці. Відомі промислові процеси регенерації відпрацьованих олив IFP та фірм UOP, Snamprogetti, Mainken дають змогу одержувати високоякісні базові оливи і застосовувати їх у виробництві товарних олив [6, 12, 14]. Проте, за своїми техніко-економічними показниками, цей процес

потребує високих капіталовкладень, а також виникають проблеми з виробництвом і використанням водню. Він є економічно вигідним за умови переробки великих обсягів відпрацьованих олив (не менше ніж 50–60 тис. т/рік).

Висновки

Вперше незалежні експерти провели функціонально-вартісний аналіз відомих методів регенерації відпрацьованих олив. Встановлено, що за результатами оцінювання функціонально-вартісного аналізу, найвищу інтегральну оцінку отримала технологія вакуумної перегонки.

Одержані результати ФВА дають вихідну інформацію для підбору оптимальної технології регенерації відпрацьованих оли, а також їх можна використати для розроблення комплексної технології регенерації відпрацьованих оли.

References

1. Retrieved from <https://ecointel.com.ua/v-yevropi-zrostaye-vyrobnyctvo-masty/>
2. Retrieved from <https://dzi.gov.ua/events/pererobka-vtorinnih-resursiv/>
3. Horlova L., Kryzhanovskaia E., Murovskaia V. V. (1982). Orhanyzatsiia funktsionalno-stoymostnoho analiza na predpriiaty. *Fynansy y statystyka*, 127 s.
4. Hramp E., Sorkyna L. (1982). Opyt yspolzovaniia funktsionalno-stoymostnoho analiza v promyshlennosti SShA. *Fynansy y statystyka*, 127 s.
5. Ruzynov L. (1972). *Statystycheskye metody opytymyzatsyi khymycheskykh protsessov*. Khymia, 200 s.
6. Evdokymov A., Fuks Y., Liubysyn Y. (2012). *Smazochnye materyaly v tekhnosfere y biosfere: ekolohycheskyi aspekt*. Atyka-N, 292 s.
7. Shashkyn P., Brai Y. (1970). *Reheneratsiia otrabotannykh neftiannykh masel*. Khymia, 304 s.
8. Horbunov M. I., Kravchenko K. O., Horbunov M. M., Drozd Ya. R., Nozhenko O. S., Kovtanets M. V., Nozhenko V. S., Brahin M. I. (2013). Pat. 81273 Ukraina, (51) MPK S10M 175/00. DP "Ukrainskyi instytut intelektualnoi vlasnosti".
9. Olyshevskaia V. E., Olyshevskyi H. S. (2018). Sravnytelnyi analiz tekhnolohyi reheneratsyi avtomobyl'nykh smazochnykh materyalov. *Sovremennye ynnovatsionnye tekhnolohyy podgotovky ynzhenernykh kadrov dlia hornoi promyshlennosti y transporta*, № 4, 180–192.
10. Tarasov V. V., Vlasov Y. B. (2013). Tsyklonnyi vakuumnyi usparitel ustanovky dlia reheneratsyi masel, osobennosti konstruksyi y rezultat uspytanyi po udalenyiu vodotoplyvnykh fraktsyi. *Nauchnye trudy Dalnevostochnoho gosudarstvennogo tekhnicheskogo rybokhoziaistvennogo unyversyteta*, № 28, 70–82.
11. Chaika O. H., Chaika Yu. A. (2009). Porivnialnyi analiz metodiv ochyshchennia vidpratsovanykh olyv na Ukraini ta za yii mezhamy. *Visnyk NU «Lvivska politehnika» «Khimiia, tekhnolohiia rehovyn ta yikh zastosuvannia»*, № 644, 224–228.
12. Dalla Giovanna F., Khlebinskaia O., Lodolo A., Miertus S. Compendium of used oil regeneration technologies. Retrieved from: <https://institute.unido.org/wp-content/uploads/2014/11/95.-Compendium-of-Used-Oil-Regeneration-Technologies.pdf>
13. Butovskiy M. (2009). Puty utylyzatsyi otrabotavshykh motornykh masel. *Khymia y tekhnolohiya toplyv y masel*, № 5(555), 53–56.
14. Recycling possibilities and potential uses of used oils. Retrieved from http://www.cprac.org/docs/olis_eng.pdf
15. Vykulov M. A., Bozhedonov A. Y., Dovidenko H. P., Kapytonov Y. S. (2008). Reheneratsiia otrabotannykh masel. Sb. materyalov. Otd. vypusk *Hornoho ynformatsyonno-analytycheskoho biulletenia*, № OV2, 331–335.
16. Kurmaev R. N., Hlushankova Y. S., Vaisman Ya. Y. (2016). Vybor y obosnovanye metoda utylyzatsyi otrabotannykh masel na krupnykh promyshlennykh predpriyatiakh. *Transport. Transport facilities. Ecology*, № 1, 38–51.
17. Batiushkov D. Y. (2013). Yssledovanye tekhnolohyy reheneratsyi otrabotannykh masel fizycheskymy metodamy. *Nauchnyi zhurnal «Aprobatsiya»*, № 4(7), 5–6.

B. O. Korchak¹, O. B. Hrynyshyn², T. I. Chervinskyy², S. V. Pyshyev²

¹ Lviv Polytechnic National University,
Department of Civil Safety

² Lviv Polytechnic National University,
Department of Chemistry Technology of Oil and Gas Processing

FUNCTIONAL-COST ANALYSIS OF METHODS OF REGENERATION OF USED MINERAL MOTOR OILS

The main methods of regeneration of used mineral motor oils, in particular physical, chemical, physicochemical methods are considered. The functional-cost analysis of methods of regeneration of the used mineral motor oils by means of branch experts is carried out. Functional-cost analysis is a method of pairwise comparisons and involves the process of ranking the selected characteristics according to the degree of importance (weight). To do this, each characteristic is assigned a certain index. As a result of the functional-cost analysis, the expediency of using technologies of vacuum distillation and hydrocracking of used oils in the processes of regeneration of used oils has been established.

Key words: oil regeneration, functional-cost analysis, used oil, hydrocracking of oils, coagulation.