

ЕКОЛОГІЯ

УДК 502:665.6+621.899

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.105.0.46

РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Барун М. В., Коверсун С. О., Бессмертна Д. О.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У роботі розглянуто забруднення навколишнього середовища внаслідок неконтрольованих скидів мастильних матеріалів у природні об'єкти та запропоновано методи зниження забруднення. Стаття має аналітичний характер та базується на оглядовому методі дослідження. Об'єктом вивчення є вплив нафтопродуктів на довкілля та регенерація й перероблення відпрацьованих мастильних речовин фізичними, хімічними та комбінованими методами.

Ключові слова: відпрацьовані моторні оливи, нафтопродукти, перероблення, регенерація, навколишнє середовище.

Вступ

Актуальним питанням у екології залишається регенерація та перероблення відходів. В останні десятиліття у сфері боротьби з твердими побутовими відходами є покращення, пов'язані з роздільним сортуванням сміття та будівництвом сміттепереробних заводів. Але поки не можна цього сказати про відпрацьовані нафтові оливи, що потрапляють у навколишнє середовище через недбалість людини. Неконтрольовані скиди використаних мастильних матеріалів призводять до погіршення майже всіх складників довкілля, проте найбільше страждає саме літосфера та гідросфера. Найчастіше відпрацьовані мастила скидають маленькі підприємства (сервісні центри з обслуговування автомобілів, вантажоперевізники тощо), адже вони не мають потрібної ємності для зберігання нафтопродуктів у великій кількості. Одною з глобальних екологічних проблем є забруднення нафтовими відходами геологічного середовища, адже скиди потрапляють крізь нього у водоносні горизонти та роблять непридатними для використання значні об'єми води. Наявність нафтопродуктів у водному середовищі також негативно впливає на флору і фауну. А оскільки ми розглядаємо не чисті нафтопродукти, а саме відпрацьовані мастильні матеріали нафтового походження, то їх негативний вплив збільшується через токсичність продуктів їх окислення.

Регенерація відпрацьованих оливи дозволяє не тільки захистити навколишнє середовище від неконтрольованих скидів, але й зменшити витрати на утилізацію відпрацьованого матеріалу, отримати додаткове фінансування за

допомогою використання вторинного матеріалу, заощадити трудові та природні ресурси. Отже, важливо приділяти увагу зберіганню та методам регенерації використаних мастильних матеріалів, адже від цього залежить майбутнє планети.

Аналіз публікацій

Аналіз наукових досліджень [1–4, 6] виявив, що регенерація доступна для різних видів мастильних речовин: трансмісійних, моторних, гідравлічних, індустріальних і под. Оброблення відпрацьованих оливи передбачає два основних напрями: спільне перероблення суміші з нафтою на нафтопереробних заводах і цільове перероблення з метою отримання компонентів для мастил (процес регенерації). Методи регенерації можна поділити на фізичні (відстоювання, сепарація, фільтрація, відгін легких паливних фракцій, промивання водою), фізико-хімічні (коагуляція, адсорбція), хімічні (сірчанокислотне очищення, лужне очищення) та комбіновані.

Відновлення відпрацьованих мастильних матеріалів відбувається за допомогою декількох визначених етапів. На першому вилучають воду способом випарювання, потім механічними та фізичними методами позбавляються всіх твердих домішок. Останнім пунктом є вилучення хімічних домішок способом коагуляції або адсорбції. Унаслідок цього отримуємо базову оливу. Для того, щоб надати їй потрібних характеристик і класифікувати, олива піддається компаундуванню та додаванню присадок. Необхідно зауважити, що описані вище етапи регенера-

ції можуть змінювати послідовність та установки для здійснення.

У роботі [3] розроблена універсальна схема відновлення якості відпрацьованих олив, зокрема моторної М-14В₂ і компресорної КС-19, у яких застосована суміш поверхнево-активних речовин і кислого реагента-замінника. Цей процес передбачає три етапи: нагрів, перемішування із сумішшю реагентів (поверхнево-активна речовина + замінник сірчаної кислоти) та фільтрація крізь селективний фільтр або центрифугування. За наданою методикою були проведені лабораторні дослідження, за якими автори встановили, що вихід очищеної оливи становить приблизно 85–90 % для моторної та 90–92 % – для компресорної. Найефективнішою стала схема для оливи М-14В₂ – 95 % і для КС-19 – 86 %.

У праці [2] описаний засіб і методика, за допомогою яких можна контролювати фактичний стан оливи під час роботи автомобіля та визначити, чи потрібна її заміна; адже наразі немає обґрунтованого ресурсу роботи моторних олив.

У дослідженні [8] проведено експериментальне очищення відпрацьованої оливи в лабораторних умовах за допомогою альтернативного методу, що є екологічно чистим і забезпечує отримання високоякісної рафінованої оливи. Відпрацьовану мастильну речовину збирають і піддають зневодненню, вакуумній перегонці з подальшою екстракцією розчинником. Розчинник, який використовується для екстракції, відновлюють способом атмосферної дистиляції. Нарешті, у нерафіновану оливу додають присадки. Зазначається, що перероблена речовина на кінцевому етапі була перевірена за властивостями та відповідає стандартам, наданим Товариством автомобільних інженерів.

Мета та постановка завдання

Метою є дослідження збирання та регенерації мастильних матеріалів і аналіз машинних установок для здійснення регенерації.

Це дослідження спрямоване на аналіз дій для зниження неконтрольованих скидів мастильних матеріалів та зменшення їх впливу на навколишнє середовище.

Виклад основного матеріалу

Відпрацьована олива є найбільшим потоком рідких небезпечних відходів у Європі. Відпрацьована рідина регулюється рамковою директивою про відходи 2008/98/ЕС, яка

скасувала директиву 74/439/ЕЕС. Зокрема стаття 21 вимагає від держав-членів вживати заходів для забезпечення того, щоб: 1) відпрацьовані мастила збиралися окремо, якщо це технічно можливо; 2) відпрацьовані мастила та олива оброблялися відповідно до ієрархії відходів, що надає пріоритет процесу регенерації; 3) відпрацьовані мастильні речовини з різними характеристиками не змішувалися між собою та з іншими видами відходів, якщо це технічно можливо та економічно вигідно [7].

Якщо звернути увагу на законодавство України, то побачимо, що постановою № 1221 від 17 грудня 2012 р. про деякі питання збирання, вилучення, знешкодження та утилізації відпрацьованих мастил (олив) установлений порядок збирання, перевезення, зберігання, оброблення (перероблення), утилізації та/або знешкодження відпрацьованих мастильних речовин.

Усім відомий факт, що потрапляння в природне середовище відпрацьованої оливи завдає невиправної шкоди, тому необхідно зазначити, що навіть правильна підготовка до регенерації (утилізації) мастильних матеріалів також дуже важлива. Зберігати відпрацьовану оливу потрібно в герметично закритій тарі та не в житловому приміщенні, у вільному продажу є бочки для зберігання, герметичні ящики, контейнери, що можна встановити на території підприємства. Це дасть змогу попередити потрапляння парів мастил у повітря та вбереже речовину від вологи та займання. Якщо розглядати більші підприємства, що збирають значну кількість відпрацьованих мастильних матеріалів, то до них установлені законодавством відповідні вимоги до збирання та зберігання відпрацьованих олив. На ділянках мають бути встановлені сигналізації з пожежогасінням і новітні резервуари для кожного з видів мастил (схематично це зображено на рис. 1).

Мастила (оливи), що вилучаються після експлуатації у двигунах чи інших деталях автомобілів, містять нафтові матеріали, присадки та продукти їх розкладання. Як забруднювачі у відпрацьованих оливах можуть бути присутні іони металів, поліхлоровані вуглеводні й поліароматичні сполуки, смоли, механічні домішки. Раніше не було доступних методів для регенерації та відновлення використаних мастильних матеріалів, тому зазвичай їх утилізували способом спалювання та внаслідок цього отримували значні об'єми тепла або застосовували для змачен-

ня сільськогосподарської техніки. Однак на цей момент маємо можливості та технології для відновлення оливи і збереження їх ресурсної цінності.

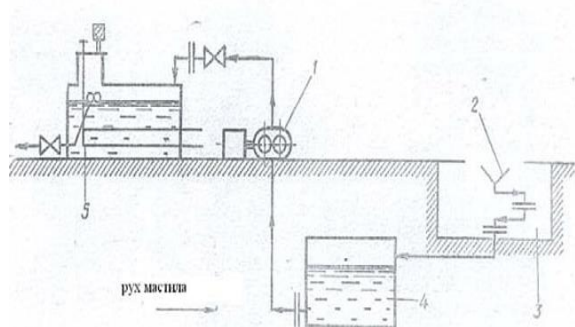


Рис. 1. Збір відпрацьованої моторної мастильної речовини за допомогою наземної накопичувальної ємності: 1 – насос; 2 – воронка; 3 – оглядова яма; 4 – проміжна ємність; 5 – накопичувальна ємність

Обладнанням для перероблення відпрацьованої мастильної речовини є установки або стенди очищення. Такі стенди очищують робочі рідини в гідросистемах, індустріальні та енергетичні мастила, вилучають домішки з дизельного палива та гасу. Перероблення мастил за допомогою стендів застосовується в безлічі галузей промисловості. Пристрої використовують у літако- та машинобудуванні, газовій і нафтовій промисловості, у харчовому виробництві, на пунктах обслуговування техніки та інших підприємствах, де необхідне перероблення мастильних матеріалів [1].

Типовий процес регенерації мастила можна поділити на дві фази: оброблення та реактивації. На етапі очищення нафта відновлюється способом примусової перколяції крізь систему адсорбентів. Потім її фільтрують і дегазують перед поверненням назад у бак. Після того, як адсорбент насичений, його необхідно «повторно активувати», щоб відновити адсорбентні властивості. Це робиться за допомогою зворотного промивання адсорбенту певними хімічними речовинами або способом спалювання. Необхідно зауважити, що вихід за різних видів перероблення варіюється в межах 70–85 % продукту [5].

Найпоширенішим і доступним способом у регенерації мастильних матеріалів вважається додавання до них сірчаної кислоти, яка взаємодіє із забруднювачем і сприяє його розкладанню. Після цього мастило піддається адсорбції зазвичай глиною. Але зазначе-

ний метод має величезний недолік – утворення кислотного осаду, що спричиняє численні екологічні проблеми, а також дуже сильно зменшує якість відпрацьованої оливи. Адже регенерація передбачає не тільки очищення оливи від механічних і хімічних домішок, а й відновлення таких характеристик, як в'язкість, загальне лужне число, густина, температура застигання, вміст води, корозійність, температура займання.

Одним із методів, що зараз активно впроваджується, є відновлення відпрацьованих трансформаторних, індустріальних і гідравлічних оливи за допомогою адсорбентів (технологічна схема зображена на рис. 2).

Метод полягає в пропусканні оливи крізь шари спеціальних адсорбентів (цеоліт, різновиди глини, оксид алюмінію тощо), після цього олива повністю відновлює свої вихідні властивості. Адсорбент багато разів реактивується і знову використовується для регенерації оливи, шкідливі гази в цьому разі нейтралізуються каталітичним конвертором. Після повного виснаження властивостей та останньої реактивації адсорбент не становить небезпеки для навколишнього середовища та може використовуватися як будівельний заповнювач або в сільському господарстві для розпушування щільних ґрунтів. Якщо застосовувати як адсорбент глину, то в процесі експлуатації вона стає більш пластичною, та її використовують для виготовлення керамзиту.



Рис. 2. Технологічна схема установки СММ – 6R (LIGHT)

Ще одним широко використовуваним методом оброблення відпрацьованих мастильних речовин є випарювання та дистиляції. Цей процес дозволяє відділити важкі домішки від води, легкорозкладених вуглеводнів та базових мастил (патент Європейського Союзу № 3,078,730A1). Отриману базову мастильну основу можна піддати каталітичному гідрообробленню (патент США № 3980511)

для відділення води та отримання базового мастила, у яке додають присадки та отримують готовий продукт. Проте необхідно наголосити, що гідроперероблення є відносно затратним процесом.

Для оброблення використаних мастил також упроваджують метод екстракції. У цьому процесі легкий і насичений вуглеводень розчиняється у використаних мастилах з метою відділення базової мастильної основи від домішок (високомолекулярних присадок, фрагментів присадок та окислених нафтопродуктів). Проте важливо брати до уваги, що екстракційний процес обмежений через високі енергетичні витрати, які необхідні для відновлення розчинника.

Також один із найпопулярніших та мобільних способів регенерації мастильних матеріалів є термовакуумне оброблення. Опишемо основні кроки цього процесу. Використане мастило поміщається у вакуумну камеру, де навколо нього створюється вакуум. Тепловий елемент починає нагрівати мастильний матеріал. Вакуум допомагає знижувати тиск, що сприяє випаровуванню вологи та легкокорозклядених забруднень з речовини. Випарувані матеріали конденсуються в спеціальному конденсаторі та перетворюються на рідку фазу. Отримана рідина піддається дистиляції, де відбувається фракціонування різних компонентів мастильного матеріалу. Легкі речовини випаровуються та конденсуються знову, а важкі складники відокремлюються для подальшого використання. Відновлене мастило охолоджується та стає готовим для зберігання або повторного використання в технологічних процесах. Але важливо зазначити, що в цих установках є і недоліки. Деякі з мастил, що мають значну кількість полімерних компонентів, можуть піддаватися змінам у хімічній структурі або втрачати свої властивості під впливом термовакуумного процесу. І якщо мастильний матеріал має низьку термомобільність і втрачає свої властивості за умови нагрівання, то термовакуумна регенерація може бути непрактичною.

Після проведення регенерації, як уже згадувалось вище, до мастил додають присадки, за допомогою яких їм надають потрібні властивості. Наприклад, антиоксиданти застосовуються для запобігання окисленню та деградації мастил під впливом кисню. Антикорозійні присадки захищають металеві поверхні від корозії, що особливо важливо для мастил, які використовуються в умовах воло-

гості. В'язкостабілізатори зберігають стабільну в'язкість мастильних речовин. Емульгатори застосовуються в емульгованих мастилах для створення стабільних емульсій із водою. Екстремальні температурні та тископриводні присадки додаються для поліпшення роботи мастил (олив) за високих або низьких температур і для захисту важкообтікальних поверхонь від зношення та для подовження терміну служби.

Перш ніж піддавати відпрацьовані оливи регенерації, важливо проаналізувати їх відповідно до вимог ДСТУ 2798-47. За цим стандартом деякі параметри якості визначаються з використанням методів, передбачених для свіжих олив, ігноруючи специфічний стан відпрацьованих мастильних речовин. Кінематична в'язкість, коксованість, зольність, температура спалаху і вміст пального у відпрацьованих оливах визначаються тими самими методами, що й для свіжих олив, з обов'язковими доповненнями та уточненнями, передбаченими в ДСТУ 2798-47. Щодо інших показників, таких як вміст води (ДСТУ 2477-65), водорозчинні кислоти і луги (ДСТУ 6307-60), умовна в'язкість (ДСТУ 6258-52), їх визначення може здійснюватися без будь-яких додаткових уточнень і змін.

Тобто регеновані мастила тестують за тими самими показниками, що властиві й виготовленій оливі: кислотне число, аналіз води та вологи, в'язкість, спектральний аналіз, стійкість до окислення, температурна стійкість, зношуваність. Ці процедури забезпечують високий ступінь контролю якості та гарантують, що регеноване мастило відповідає вимогам для безпечного та ефективного використання.

Висновки

Як було зазначено, найпопулярнішими методами відновлення мастильних матеріалів є адсорбційний і термовакуумний, а вже на підставі них відбувається розгалуження інших різновидів регенерації. Але у виборі обладнання потрібно керуватися вимогами та властивостями регенованих олив, які бажано отримати. Адсорбційний метод краще впорається із забрудненнями, але не відновить хімічні властивості мастильної речовини. Тоді як термовакуумний метод працюватиме швидше за адсорбційний, але буде більш енерговитратний. Тобто вибір методу залежить від цілей, часу, який виділено на процеси, і фінансових можливостей.

Автори зазначають, що дослідження та вдосконалення регенерації мастильних матеріалів триває, і цей науковий напрям не втрачає актуальності, адже відповідає цілям сталого розвитку, переходу України до циркулярної економіки та умов Директиви Європейського парламенту й Ради 2008/98/ЄС як запоруки відновлення та розбудови економіки нашої країни в післявоєнний період. Мастильні матеріали – це хімічні речовини, актуальність використання яких не викликає сумніву. Але найважливішим завданням подальшого вивчення окресленої тематики є одночасне зниження використання оливо (мастил) і зменшення їх впливу на екосистеми, навколишнє середовище та здоров'я людини.

Література

1. Вороновський І.Б., Євдокимова О.А. Переробка та утилізація моторного мастила. Міжнародна наукова конференція «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» Дніпро: Ліра, Україна, 2015. – С. 14–15.
2. Єфименко В.В., Калмикова Н.Г., Єфименко О.В. Оцінка якості моторних оливо у процесі їх експлуатації. X Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ у нафтопереробній та нафтогазовій промисловості», 18–23 травня 2020, Львів: Львівська політехніка, Україна, 2020. – С. 71–74.
3. Безовська М.С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л.О., Шевченко Л.В. Розробка загальної схеми регенерації відпрацьованих оливо залізниць. № 5: Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, Київ, Україна, 2022. – С. 32–36.
4. Могила В.І., Ковтанець М.В., Морнева М.О., Ковтанець Т.М. Концепція та реалізація комплексної реновації і регенерації гумотехнічних виробів, оливо та композитів залізничного транспорту з отриманням нових якостей матеріалів. № 5: Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, Київ, Україна, 2022. – С. 58–64.
5. Liu, Q., Venkatasubramanian, R., Matharage, S., Wang, Z. Effect of Oil Regeneration on Improving Paper Conditions in a Distribution Transformer. *Energies*, 2019, 12, 1665.
6. Pincon J., Canizares P., Garcia M.T., Cracia I. Regeneration of used lubricant oil by propane extraction. *Ind. Chem. Res.* 2003.
7. Pinheiro C.T., Ascensão V.R., Cardoso C.M., Quina M.J., Gando-Ferreira L.M. An overview of waste lubricant oil management system: Physicochemical characterization contribution for its improvement. *J Clean Prod.* 2017.
8. Kannan S.C., Kumar M.K., Hussain S.M., Priya D.N. Studies on reuse of re-refined used automotive lubricating oil. *Res J Eng Sci.* 2014.

References

1. Voronovsky I.B., Yevdokymova O.A. Processing and utilization of motor oil. International scientific conference "Biodiversity and the role of animals in ecosystems" Dnipro: Lira, Ukraine, 2015, 14–15 p.
2. Yefimenko V.V., Kalmykova N.G., Yefimenko O.V. Evaluation of the quality of motor oils during their operation. X International scientific and technical conference "Progress in the oil refining and oil and gas industry", May 18–23, 2020, Lviv: Lviv Polytechnic, Ukraine, 2020. – 71–74 p.
3. Bezovska M.S., Zelenko Yu.V., Yaryshkina L.O., Shevchenko L.V. Development of a general scheme for the regeneration of used railway oils. No. 5: Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, Kyiv, Ukraine, 2022. – 32–36 p.
4. Mohyla V.I., Kovtanets M.V., Morneva M.O., Kovtanets T.M. concept and implementation of complex renovation and regeneration of rubber technical products, oils and composites of railway transport with obtaining new qualities of materials. No. 5: Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, Kyiv, Ukraine, 2022. – 58–64 p.
5. Liu, Q., Venkatasubramanian, R., Matharage, S., Wang, Z. Effect of Oil Regeneration on Improving Paper Conditions in a Distribution Transformer. *Energies* 2019, 12, 1665.
6. Pincon J., Canizares P., Garcia M.T., Cracia I. Regeneration of used lubricant oil by propane extraction. *Ind. Chem. Res.* 2003.
7. Pinheiro C.T., Ascensão V.R., Cardoso C.M., Quina M.J., Gando-Ferreira L.M. An overview of waste lubricant oil management system: Physicochemical characterization contribution for its improvement. *J Clean Prod.* 2017.
8. Kannan S.C., Kumar M.K., Hussain S.M., Priya D.N. Studies on reuse of re-refined used automotive lubricating oil. *Res J Eng Sci.* 2014.

Барун Марина Вікторівна, к.е.н., доц. каф. екології, masha.barun@gmail.com, тел. +380509739558, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.
Коверсун Світлана Олександрівна, ст. викл. каф. екології, svetlanakoversun@gmail.com, тел. +380977107683, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.
Бессмертна Діана Олександрівна, здобувачка 3-го курсу, каф. екології, dianabessmertnaa5@gmail.com, тел. +380500217972, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Regeneration of used lubricants

Abstract. Problem. The article examines environmental pollution through uncontrolled discharges of lubricants into natural objects, and suggests methods of reducing pollution by installing stands for the regeneration of lubricants. The article is analytical in nature and is based on the survey research method. The object of the author's study is the impact of oil products on the environment and the regeneration and processing of used lubricants by physical, chemical and combined methods. **Goal.** The goal is to study the collection and regeneration of lubricants and the analysis of machine installations for regeneration. This study aims to analyze actions to reduce uncontrolled discharges of lubricants and their impact on the environment. **Methodology.** This study is aimed at the analysis of methods to reduce discharges of lubricants caused by human negligence. **Results.** It is possible to accept environmental sustainability and reduction of man-made impact on the surrounding environment as well as the economic benefit of this project, because the processing of used lubricant reduces the cost of purchasing new lubricant and increases the use of secondary material. **Originality.** We would like to note that the research and improvement of the regeneration of lubricants continues and this topic is popularized, because it is our future. Lubricants will not disappear anywhere, humanity will continue to use them. Of course, the priority is to reduce the use of oils, but they are needed even in electric cars, not to mention agricultural machinery, airplanes, railway transport, etc.

Practical value. The main important aspect is that all the installations as proposed in the article are mobile, they do not require physical exertion for installation, but practical knowledge. Similarly, the tanks for collecting lubricants are mobile and can be easily transported to deliver the lubricant to the place of regeneration. These measures contribute to the preservation of the environment, and eliminate the man-made impact on flora and fauna.

Key words: used motor oils, petroleum products, processing, regeneration, environment.

Barun Marina, PhD, Associate Professor of the Department of Ecology, masha.barun@gmail.com, tel. +380509739558, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Koversun Svitlana, Senior Lecturer of the Department of Ecology, svetlanakoversun@gmail.com, tel. +380977107683, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Bessmertna Diana, student of the 3rd year, Department of Ecology, dianabessmertnaa5@gmail.com, tel. +380500217972, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.
