

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ГАНОШЕНКО ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА**



УДК 502.174:629.063.7-027.32(043.3)

**ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ  
СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ  
АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЛЯНИХ ФІЛЬТРІВ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Суми – 2019

**Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.**

Робота виконана на кафедрі прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник –** кандидат технічних наук, доцент  
**Голік Юрій Степанович,**  
Полтавський національний технічний  
університет імені Юрія Кондратюка  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри теплогазопостачання,  
вентиляції та теплоенергетики, м. Полтава.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Архипова Людмила Миколаївна,**  
Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри туризму,  
м. Івано-Франківськ;

доктор технічних наук, професор  
**Внукова Наталія Володимирівна,**  
Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри екології, м. Харків.

Захист дисертації відбудеться 06 грудня 2019 року о 14 год 00 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 у Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. «Ц», ауд. 204.

Із дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 за електронною адресою: <https://sumdu.edu.ua/uk/science/science-info/scientific-infrastructure/specialized-council/102-55-051-04.html>.

Автореферат розісланий 1 листопада 2019 року.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04



І.Ю. Аблєєва

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Глобальна автомобілізація породжує низку екологічних проблем, серед яких, окрім забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами, не менш важливим з позицій екологічної безпеки є питання поводження з відходами, зокрема недосконалість системи збору та утилізації відпрацьованих елементів і самого автомобіля у цілому. Щороку в Україні з експлуатації виводиться від 100 до 200 тисяч машин, а тому на сьогодні утилізації підлягає вже понад 1 млн автомобілів, не придатних для експлуатації. За умови середнього терміну служби автомобіля 20 років, щорічно у місті з чисельністю населення майже 300 тисяч зношується і вибуває із експлуатації близько 4 тис. легкових автомобілів, утворюється 4 тис. старих кузовів автомобілів (близько 4 тис. т металу), 100 тис. шт. зношених шин (близько 100 т гуми), 200 тис. шт. відпрацьованих кислотних акумуляторів (близько 160 т), 59 т відпрацьованої оливи, 117 тис. шт. відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів (близько 42 т).

Окрему групу відходів за масштабністю утворення становлять відпрацьовані автомобільні масляні фільтри, що відносяться до промислових відходів третього класу небезпеки, тому згідно з вимогами нормативних законодавчих документів України, потребують обов'язкової утилізації. Найбільш небезпечним компонентом відпрацьованого масляного фільтра є фільтрувальний папір, який містить відпрацьовані масла та не може бути утилізований відомими методами або переданий для захоронення на полігони твердих чи промислових відходів, що суттєвим чином підвищує рівень техногенного навантаження при його потраплянні у навколишнє середовище.

Науково обґрунтоване поводження з автомобільними відходами передбачає застосування як традиційних, так й інноваційних технологій, зокрема мінімізації утворення відходів, екологічно безпечного їх захоронення та знешкодження, рециклізації природних ресурсів та рециклінгу відходів. Вибір екологічно безпечного способу поводження з цими відходами повинен ґрунтуватися на врахуванні можливості повторного використання компонентів, що входять до їх складу, а також необхідності мінімізації кількості речовин, які не мають подальшого використання, з метою зниження техногенного навантаження на довкілля.

Таким чином, розроблення екологічно безпечної та ресурсозберігаючої технології утилізації, яка зменшить техногенний вплив на навколишнє середовище від забруднення нафтопродуктами й іншими небезпечними речовинами, що містяться у відпрацьованих автомобільних масляних фільтрах, є актуальною науково-прикладною задачею у галузі екологічної безпеки.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до завдань та цілей «Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року», а саме 12-й цілі сталого розвитку в Україні – «Забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва», а також плану науково-дослідних робіт кафедри прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного

університету імені Юрія Кондратюка. В основу роботи покладено результати науково-дослідної роботи, у якій автор брав участь як відповідальний виконавець, «Розробка й дослідження методів утилізації і рециклінгу автомобільних фільтрів та систем очищення викидів від їх переробки» (№ державної реєстрації 0116U002879, термін виконання – 2016 – 2020 рр.)

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки при поводженні з відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами шляхом розроблення комплексу заходів із зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі завдання дослідження:

- провести аналіз особливостей техногенного впливу на довкілля від застосування існуючих методів утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів;
- оцінити рівень негативного впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів (ВАМФ) за можливого їх потрапляння у навколишнє середовище;
- визначити компонентний склад та енергетичний потенціал відпрацьованих автомобільних фільтрів;
- розробити математичну модель для встановлення оптимальних параметрів технологічного процесу утилізації ВАМФ;
- експериментально визначити екологічно безпечний реагент для промивання фільтрувального паперу ВАМФ;
- розробити комплексну екологічно безпечну технологію утилізації ВАМФ з метою зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище;
- оцінити запропоновану комплексну технологію утилізації ВАМФ на відповідність екологічним вимогам.

**Об'єкт дослідження** – техногенне навантаження на навколишнє середовище за можливого потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля.

**Предмет дослідження** – підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів шляхом очищення фільтрувального паперу та подальшого його спалювання.

**Методи досліджень.** Теоретичні методи дослідження ґрунтуються на застосуванні системного підходу щодо оцінювання техногенного навантаження відходів автотранспорту на екосистему. Під час проведення експериментальних досліджень були використані такі методи: аналіз і узагальнення наукових результатів, отриманих іншими авторами; гравіметричне визначення масової частки нафтопродуктів (неполярних вуглеводнів) у ґрунті; фізико-хімічні методи оцінювання ефективності мийних засобів; математичне планування експерименту (для встановлення оптимальних параметрів технологічного процесу промивання фільтрувального паперу); електрохімічні методи визначення концентрацій забруднювальних речовин газоповітряної суміші; обробку експериментальних даних здійснено за допомогою комп'ютерних технологій: використано пакети програм Microsoft Excel, Statistica 12.0, Maple 13.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

– уперше науково обґрунтовано ефективність включення стадії промивання фільтрувального паперу у розроблену екологічно безпечну технологію утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, що дозволяє знизити рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище за рахунок зменшення вмісту відпрацьованих масел на 55%;

– уперше з метою підвищення екологічної безпеки під час утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на підставі проведеного факторного експерименту побудовано математичну модель визначення ефективності очищення фільтрувального паперу та встановлено оптимальне співвідношення параметрів технологічного процесу промивання на рівні  $C = 150$  г,  $\Delta m = 6,51$  г,  $t = 87,79$  °C,  $\tau = 35,67$  хв;

– уперше на підставі проведених експериментальних досліджень встановлено доцільність використання екологічно безпечного мийного реагенту перкарбонату натрію у процесі промивання фільтрувального паперу при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, ефективність якого вище на 15 – 20% порівняно з відомими засобами;

– набуло подальшого розвитку використання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів як альтернативного палива для локальних теплогенеруючих установок, що дозволяє підвищити рівень екологічної безпеки атмосфери за рахунок зменшення кількості забруднювальних речовин у димових газах на: сульфур (IV) оксиду – 89%, нітроген (IV) оксиду – 15%, карбон (II) оксиду – 66%, вуглецю (сажі) – 86%.

### **Практичне значення отриманих результатів:**

– розроблено і впроваджено принципово нову екологічно безпечну технологію утилізації ВАМФ, яка дозволяє знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище та досягти відповідного екологічного, економічного і соціального ефектів;

– розроблено технологічну схему використання промитого фільтрувального паперу для теплогенеруючих установок;

– передано результати роботи до ПАТ «НДІ КОЛАН» та НТЦ Полтавського відділення Інженерної академії України для промислового використання;

– упроваджено результати дисертаційної роботи на лекційних та практичних заняттях з навчальної дисципліни «Поводження з відходами» здобувачів ступеня вищої освіти магістр за спеціальностями 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно проведено критичний аналіз способів поводження з відпрацьованими автомобільними фільтрами, що існують в Україні та за кордоном; досліджено міграційні властивості відпрацьованого автомобільного масла у ґрунті; запропоновано конструктивне рішення для роздільного збору відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів; досліджено ресурсний потенціал відпрацьованих автомобільних фільтрів; проаналізовано схему очищення викидів при спалюванні фільтрувального паперу та проведено її перевірку на відповідність екологічним вимогам; розроблено та

запатентовано конструкцію установки для промивання забрудненого фільтрувального паперу; виконано оброблення експериментальних даних методами статистичного аналізу; проведено оцінку еколого-економічних показників розробленого природоохоронного заходу та впливу розробленої технології утилізації на довкілля.

Вибір теми дисертаційної роботи, постановка завдань дослідження, обговорення одержаних результатів були проведені разом із науковим керівником – кандидатом технічних наук, доцентом Ю.С. Голіком. Внесок автора у роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи й матеріали досліджень доповідались та обговорювались на 17 наукових конференціях: IV, V Міжнародних наукових конференціях молодих вчених та студентів «Екологія. Енергозбереження. Довкілля. Молодь» (м. Полтава, 5 – 6 грудня 2013 р., 22 – 23 жовтня 2015 р.), VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки» (м. Полтава, 19 – 20 грудня 2013 р.), Всеукраїнській конференції «Регіональна екологія: сьогодення та напрями розвитку» (м. Полтава, 22 – 23 квітня 2014 р.), 3-му, 4-му, 5-му Міжнародних конгресах «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 17 – 19 вересня, 2014 р., 21 – 23 вересня 2016 р., 26 – 29 вересня 2018 р.), IX Міжнародній науково – практичній конференції «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (м. Харків, 29 – 31 жовтня 2014 р.), XIV, XV, XVI Міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 12 – 14 жовтня 2016 р., 11 – 13 жовтня 2017р., 4 – 6 жовтня 2018 р.), IV Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, листопад 2016 р.), 69-ій науковій конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1 (м. Полтава, 19 квітня – 19 травня 2017 р.), VI Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю «Екологія / Ecology – 2017» (м. Вінниця, 20 – 22 вересня 2017р.), Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля» (м. Одеса, 30 травня – 1 червня 2018р.), III Міжнародній науково-практичній конференції «Архітектура: Естетика + Екології + Економіка» (м. Полтава, 2 – 3 жовтня 2018 р.), I Міжнародній науково-практичній конференції «Vin Smart Eco» (м. Вінниця, 16 – 18 травня 2019 р.).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 27 наукових праць, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України із переліку МОН України, 3 статті – в спеціалізованих закордонних виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних; 17 тез доповідей конференцій; 2 патенти України на корисні моделі.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 168 найменувань на 19 сторінках та 7 додатків на 24 сторінках. Робота має загальний обсяг 203 сторінки, у тому числі 139 сторінок основного тексту, 42 рисунки, 19 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт, предмет і задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дисертації, особистий внесок автора.

**Перший розділ** присвячений огляду екологічної проблематики техногенного навантаження на довкілля при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Вивчено особливості техногенного впливу відходів автотранспортного комплексу на навколишнє середовище у різних напрямках – від аналізу техногенного впливу на навколишнє середовище до визначення проблем існуючих методів утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів.

Аналіз нормативної документації та літературних джерел засвідчив, що нині в Україні немає цілісної нормативно-правової бази щодо поводження з відходами транспортних засобів, відсутня система управління із збирання та заготівлі відходів як вторинної сировини. При тимчасовому зберіганні відходів повинно бути виключено їх негативний вплив на ґрунт, поверхневі і підземні води, атмосферне повітря та обслуговуючий персонал. Отже, утилізація або переробка повинна здійснюватися тільки спеціалізованими підприємствами.

Передбачені законодавством природоохоронні заходи недостатньо сприяють зниженню техногенного впливу відходів автотранспорту, а їх упровадження є нерівномірним залежно від регіону.

Теоретичною основою дослідження виступають роботи провідних українських і зарубіжних учених, зокрема Вишнякова Я.Д., Васляєва М.О., Звонова В.О., Кутеньова В.Ф., Воронцова Ю.М., Теренченко О.С., Гурбанова І.В., Д'яченка І.І., Іщенко О.О., Конкіна М.Ю., Голіка Ю.С., Внукової Н.В., Трофименка К.Ю., Канарі Н., Пінеу Дж.-Л., Шаларі С., Рейнхарда В.А., Кіbartаса А., Збичинського І., Віллера С., Дивайна Р., Макгваєра Дж.Р., Сейджа Г., Бритейна Ч., Ботса Д.А.

Що стосується утилізації безпосередньо ВАМФ, необхідно відзначити розробки Шмідта К.В., Богацької І., Левандовського С., Вень-Чен Хоуга, Комарова Я.В., Пухова Є.В., Горбатенко Д.О., Дрозда А.В. Особливої уваги заслуговують дослідження й упровадження технологій утилізації та рециклінгу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів Колтунова Г.А.

Проведено узагальнення науково-технічної інформації, що стосується особливостей впливу відходів автотранспорту на довкілля та існуючих способів утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Проаналізовано позитивні якості та виявлено їх недоліки.

Проведений огляд сучасного стану вирішення проблем впливу відходів автотранспортного комплексу демонструє необхідність подальших досліджень стосовно утилізації небезпечної складової відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів – забрудненого паперу, який одночасно несе в собі загрозу довкіллю і містить ресурсоцінні компоненти, котрі можливо виділити для подальшого використання.

Зроблено критичний аналіз технологій утилізації ВАМФ, проаналізовано сучасні методи та процеси, які використовують розвинені країни світу, серед них: віджимання масла з фільтра, спалювання фільтра, дроблення фільтра з розділенням

на фракції, поетапне розділення фільтра на компоненти з подальшою їх утилізацією. Загальна інформація у вигляді схеми наведена на рисунку 1.

У результаті аналізу теоретичних і практичних досліджень з проблеми утилізації відходів автотранспортного комплексу зроблено висновок щодо необхідності подальшої систематизації і конкретизації екологічно безпечних способів поводження з відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами. На підставі проведеного літературного дослідження стало очевидним, що існуючі методи поводження з таким видом промислових відходів мають загальні способи утилізації окремих складових, але відсутня технологія їх повної нейтралізації, як єдина комплексна система, що спрямована на збереження екосистем, які піддаються техногенному навантаженню.



Рисунок 1 – Методи утилізації ВАМФ

У **другому розділі** описані об'єкт і методи дослідження, методики проведення експериментів, оброблення одержаних результатів та експериментальні установки.

Для дослідження техногенного навантаження на навколишнє середовище за можливого потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у



довкілля обрана ділянка з типовим для Полтавської області ґрунтом, визначено, що небезпечним забруднювачам є нафтопродукти – основа автомобільних масел.

Наведено методики проведення експериментальних досліджень, що передбачають:

- дослідження складу ґрунту після проникнення і розповсюдження відпрацьованого моторного масла у глибину ділянки за допомогою вимірювань масової частки нафтопродуктів (неполярних вуглеводнів) гравіметричним методом;

- аналіз накопичення нафтопродуктів у сніговому покриві згідно з вимогами до відбору проб поверхневих і морських вод, льоду й атмосферних опадів;

- визначення величини шкоди від розміщення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунті, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства;

- визначення оптимальних параметрів екологічно безпечного технологічного процесу промивання відпрацьованого фільтрувального паперу від залишкового масла за допомогою повного факторного експерименту;

- визначення кількісного складу забруднювальних речовин при спалюванні відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів: концентрацій сажі – за допомогою гравіметричного методу з використанням аспіратора з фільтр-патроном; складу димових газів – газоаналізатора Testo 350 S.

Надано пропозиції щодо мінімізації потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля за допомогою їх роздільного збору. Для реалізації технології роздільного збору ВАМФ розроблена конструкція спеціального контейнера, який дозволяє здійснювати попереднє сортування та роздільний збір відпрацьованих масляних фільтрів за типорозмірами, відділити відпрацьоване масло з подальшим його зливом, що унеможливить потрапляння екологічно небезпечних відходів у довкілля.

У **третьому розділі** досліджені різновиди і моделі автомобільних фільтрів, їх конструктивні особливості. Визначено компонентний склад і стан деталей відпрацьованих автомобільних фільтрів та встановлено можливість повторного використання чи утилізації окремих складових.

Екологічно безпечний технологічний процес утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів спрямовано не тільки на знешкодження такого виду небезпечного відходу, а і на отримання товарної продукції у вигляді вторинної сировини для інших процесів. Такий підхід до вирішення цієї проблеми дозволяє вирішувати важливі екологічні, енергетичні та соціальні завдання.

Визначено питому теплоту згорання  $Q_{\text{паперу}}$  фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у калориметричній «бомбі»:

$$Q_{\text{паперу}} = 28557,9 \text{ кДж/кг} = 6819,6 \text{ ккал/кг.}$$

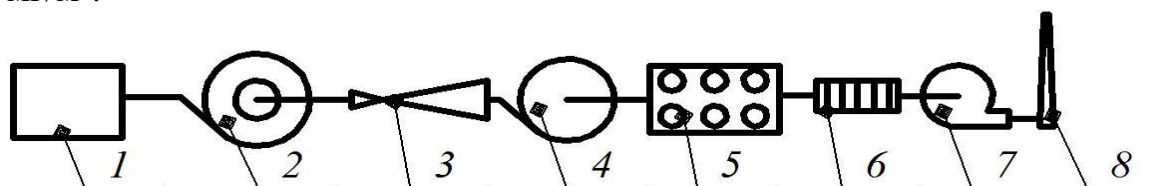
Аналіз існуючої системи теплопостачання будівлі заводу ПАТ «НДІ КОЛАН» підтвердив можливість реконструкції котельні з метою зниження фінансових затрат за рахунок використання дешевшого виду палива та використання внутрішніх резервів для отримання енергії, яка передбачає встановлення додаткових котлів, придатних для спалювання в них деревини і

фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Така можливість скорочує об'єми надходження такого виду відходів у довкілля, а отже, знижує техногенний вплив на навколишнє природне середовище.

Виходячи із тарифу природного газу станом на 1 січня 2019 року для промислових підприємств 12090 грн за 1000 м<sup>3</sup>, отримуємо річну економію у розмірі  $E = 77,03 \cdot 12090 = 931310$  грн.

Проведено аналіз існуючої схеми очищення викидів при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ (рисунок 2) на відповідність екологічним вимогам.

Визначено концентрації сульфур (IV) оксиду, нітроген (IV) оксиду, карбон (II) оксиду, вуглецю (сажі). Експериментально встановлені відповідні середні концентрації у димових газах при спалюванні брудного фільтрувального паперу: Вуглецю (сажі) – 2453,50 мг/м<sup>3</sup>; СО – 3338,65 мг/м<sup>3</sup>; NO<sub>2</sub> – 116,1 мг/м<sup>3</sup>; SO<sub>2</sub> – 248,9 мг/м<sup>3</sup>.



1 – піч; 2 – циклон СДК-ЦН-33; 3 – труба Вентурі; 4 – краплеловлювач;  
5 – рукавний фільтр; 6 – вугільний фільтр; 7 – вентилятор; 8 – димова труба

Рисунок 2 – Схема очищення газових викидів, що утворюються при спалюванні фільтрувального паперу

За технічними можливостями апаратів системи очищення газових викидів можемо визначити концентрації вказаних забруднювачів на кожному етапі очищення (таблиця 1).

Таблиця 1 – Ефективність очищення викидів

Ступінь очищення	Найменування апарата	Ефективність очищення викидів, %			
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	Вуглець (сажа)
I - й	Циклон СДК-ЦН-33	10	10	20	82
II - й	Скрубер Вентурі (вапно)	80	80	90	94,5
III - й	Рукавний фільтр	85	5	5	99
IV - й	Вугільний фільтр	80	82	80	40

За результатами аналізу існуючої 4-ступеневої схеми очищення газових викидів встановлено, що її недоліками є громіздкість, висока вартість обладнання та енергозатратність у процесі експлуатації. Тому виникла потреба в розробленні екологічно безпечної технології для зменшення забруднювальних речовин при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів шляхом попереднього промивання фільтрувального паперу мийним розчином з подальшим спалюванням.

**Четвертий розділ** присвячений розробленню екологічно безпечної комплексної технології утилізації ВАМФ, що складається з двох етапів: перший –

розроблення технології промивання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних фільтрів; другий – аналіз кількісно-якісного складу димових газів при спалюванні фільтрувального паперу, обробленого різними мийними засобами.

Одним з ефективних методів, який дозволить швидко знизити техногенне навантаження на довкілля при спалюванні відпрацьованого промасленого забрудненого фільтрувального паперу, може стати його попередня обробка (промивання) мийними засобами, що зменшить кількість відпрацьованих масел у фільтрувальному папері. Необхідною умовою використання цього методу є оцінювання ефективності вилучення залишкового відпрацьованого масла, а також використання ефективних та екологічно безпечних мийних розчинів.

Для експериментального дослідження процесів рідинного очищення забрудненого фільтрувального паперу ВАМФ від залишкового масла були обрані мийні розчини, склад та характеристика яких наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Склад та характеристики мийних розчинів

№ з/п	Склад мийного розчину	Хімічна формула та характеристика речовин	Загальна назва
1.	Харчова сода + пральний порошок	$\text{NaHCO}_3$ – натрій гідрогенкарбонат – дрібнокристалічний порошок білого кольору. Пральний порошок – мийна суміш, яка складається з трьох основних інгредієнтів: – речовини, що контролюють твердість води; – натрійдодецилбензолсульфонат як поверхнево-активна речовина (ПАР); – відбілювач – однорідна суміш з гранулами білого кольору та кольоровими включеннями, ензимами.	Харчова сода  Пральний порошок
2.	Кальцинована сода + перекис водню 35%	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ – натрій карбонат являє собою білий порошок; $\text{H}_2\text{O}_2$ – гідрогенпероксид, безбарвна рідина.	Кальцинована сода Перекис водню
3.	Перкарбонат натрію	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$ – аддукт натрій карбонату та перекису водню; безбарвний кристалічний гігроскопічний водорозчинний порошок.	Кисневий відбілювач

Проведені дослідження промивання промасленого фільтрувального паперу за різних температурних умов та кількостей мийних засобів. Як критерій оцінювання ефективності очищення (E) використано відношення різниці маси необробленого фільтрувального паперу та його маси після промивання до маси необробленого паперу, яка визначена за формулою

$$E = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса відпрацьованого фільтрувального паперу до промивання, г;  $m_2$  – маса відпрацьованого фільтрувального паперу після промивання, г.

Для узагальнення та представлення результатів дослідження на одному графіку була обрана система координат, яка демонструє всі три способи оброблення фільтрувального паперу ВАМФ. У результаті оброблення даних

отримано графік для порівняння ефективності мийних розчинів, який наведено на рисунку 3.

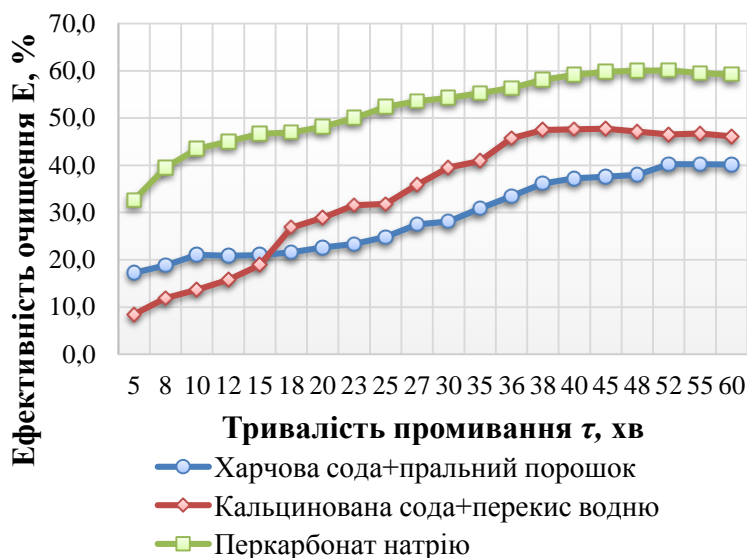


Рисунок 3 – Порівняння ефективності очищення фільтрувального паперу ВАМФ за допомогою мийних розчинів

очищення відпрацьованого фільтрувального паперу ВАМФ і становить 30 мг/л. Вимоги до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до системи централізованого водовідведення, регламентують максимально допустиме значення нафтопродуктів у пробі стічних вод – 10 мг/л.

Після ретельного теоретичного вивчення об'єкта досліджень виникає необхідність отримання експериментальних даних про вплив діючих факторів ( $C$  – кількість мийного засобу,  $t$  – температура води,  $\tau$  – тривалість промивання,  $\Delta m$  – початковий уміст масла у фільтрувальному папері) на показник, що характеризує об'єкт досліджень, параметр оптимізації. Проведений повний факторний експеримент, побудована математична модель визначення ефективності очищення фільтрувального паперу та перевірена її адекватність. Дослідження ефективності очищення фільтрувального паперу виконано на основі матриці планування експерименту, що реалізує повний факторний експеримент  $N = 2^k = 2^4 = 16$ . Інтервали зміни факторів та їх значення в натуральному масштабі на основному, верхньому і нижньому рівнях наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Рівні факторів, що визначають ефективність вилучення залишкового вмісту масла

Рівень	Фактори			
	$x_1$ ( $C$ , г)	$x_2$ ( $t$ , °C)	$x_3$ ( $\tau$ , хв.)	$x_4$ ( $\Delta m$ , г)
Основний ( $x_{i0}$ )	100	55	15	5,315
Інтервал варіювання( $\Delta x_i$ )	50	15	6	1,195
Верхній ( $x_i=+I$ )	150	70	21	6,51
Нижній ( $x_i=-I$ )	50	40	9	4,12

На підставі проведених експериментальних досліджень зроблено висновок, що найбільш перспективною пероксидною сполукою для розв'язання поставленої задачі є перкарбонат натрію  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$  – хімічна сполука, яка є зручним носієм пероксиду водню, а процес промивання – контрольованим та безпечним. За допомогою гравіметричного методу визначено уміст нафтопродуктів у відпрацьованому мийному розчині, який утворюється в результаті фізико-хімічного

Отримано рівняння регресії

$$y = 33,56 + 2,81 \cdot x_1 + 5,67 \cdot x_2 + 5,23 \cdot x_3 + 12,06 \cdot x_4 - 0,62 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,71 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,61 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 1,019 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,606 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4, \quad (2)$$

де  $y$  – ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ, %;  $x_1$  – кількість мийного засобу, г;  $x_2$  – температура води, °С;  $x_3$  – тривалість промивання, хв;  $x_4$  – початковий уміст масла у фільтрувальному папері, г.

Гіпотезу про адекватність моделі перевіряємо за критерієм Фішера. Розрахункове значення критерію Фішера менше табличного при 1-% рівні значущості, отже гіпотеза про адекватність моделі на відкидається, а отримане рівняння регресії адекватно описує експеримент.

Одержане рівняння засвідчує, що найбільший вплив на ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ має початковий уміст масла в фільтрувальному папері, температура і тривалість промивання впливає приблизно однаково, а кількість мийного засобу – найменше.



Рисунок 4 – Діаграма впливу факторів на ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ

Ефект взаємодії різних факторів визначається сумісним впливом кількості мийного засобу, тривалості промивання та початкового вмісту масла.

Для візуалізації аналізу отриманої математичної моделі побудовано діаграму впливу факторів на ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ (рисунок 4): від'ємні значення – при зменшенні фактора збільшується параметр відклику; додатні значення

– при збільшенні фактора збільшується параметр відклику.

Після математичних перетворень отримано математичну модель у натуральних показниках, яка має такий вигляд:

$$E = -59,57 + 0,056c + 0,378t + 0,872\tau + 10,092\Delta m - 0,519 \left( \frac{1}{50}c - 2 \right) (\Delta m - 5,315) - 0,71 \left( \frac{1}{15}t - \frac{11}{3} \right) \left( \frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) - 0,61 \left( \frac{1}{50}c - 2 \right) \left( \frac{1}{15}t - \frac{11}{3} \right) \left( \frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) - 0,853 \left( \frac{1}{50}c - 2 \right) \left( \frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5,315) - 0,507 \left( \frac{1}{50}c - 2 \right) \left( \frac{1}{15}t - \frac{11}{3} \right) \left( \frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5,315). \quad (3)$$

Після досліджень одержаної функції (3) встановлено, що вона не має точок екстремуму, але має сідлову точку, яка є стаціонарною. Визначений тип поверхні другого порядку – це гіперболічний параболоїд. Знайдемо частинні випадки зображення функції ефективності, надавши двом змінним сталого значення, що дозволить перейти у тривимірний простір та побудувати поверхні відкликів.

Одержано сідлову точку з наступними координатами та значенням ефективності:  $t = 87,78$  °С,  $\tau = 32,67$  хв,  $E = 60,21$  %. Поверхня відгику в цьому випадку має вигляд, наведений на рисунку 5.

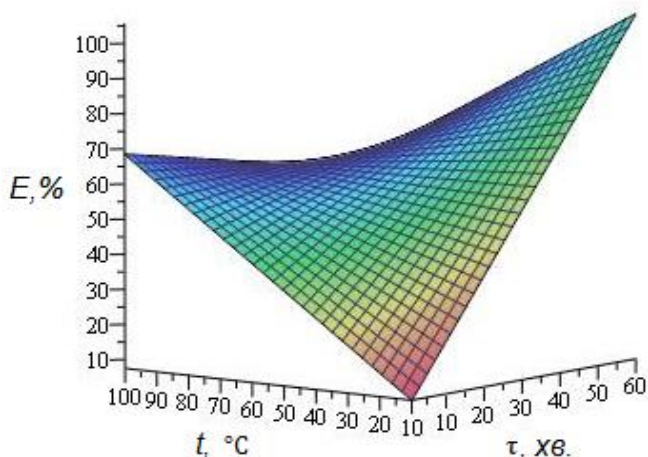


Рисунок 5 – Поверхня відгику при сталих  $C$  і  $\Delta m$

У результаті проведених математичних розрахунків та досліджень одержаної функції встановлено оптимальне співвідношення параметрів для досягнення максимальної ефективності процесу промивання фільтрувального паперу ВАМФ:  $C = 150$  г;  $\Delta m = 6,51$  г;  $t = 87,89$  °С;  $\tau = 32,67$  хв;  $E = 60,21$  %, де  $E$  – ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ, %;  $C$  – кількість мийного засобу, г;  $t$  – температура води, °С;  $\tau$  – тривалість промивання, хв;  $\Delta m$  – початковий

уміст масла в фільтрувальному папері, г.

Для зниження техногенного навантаження на навколишнє природне середовище та зменшення кількості забруднювальних речовин, що потрапляють у довкілля, розроблена установка для промивання промасленого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, яка представлена на рисунку 6.

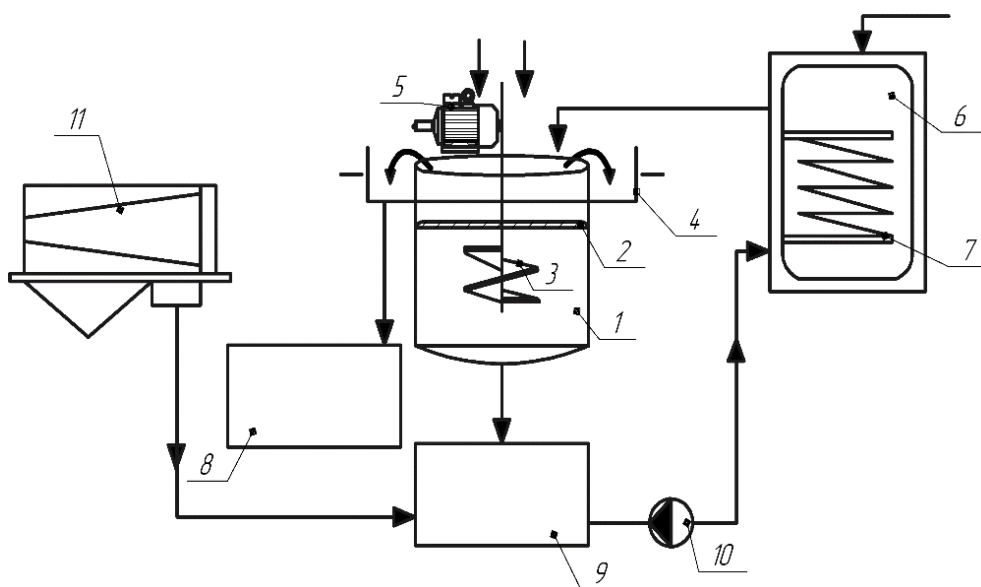


Рисунок 6 – Схема установки промивання промасленого фільтрувального паперу ВАМФ

У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена екологічно безпечна технологія промивання забрудненого фільтрувального паперу, яка включає такі етапи відповідно до розробленої конструкції установки для промивання (рисунок 6). Промаслений фільтрувальний папір завантажують у ємність 1 та засипають перкарбонат натрію. Заливають нагрітою до температури  $70 \pm 5^\circ\text{C}$  водою у бак 6 та притискають утримуючою решіткою 2. За допомогою електродвигуна 5 мішалка 3 механічно перемішує фільтрувальний папір у мийному розчині. Залишкове відпрацьоване масло у вигляді «нафтової шапки» видаляється через карман 4 у ємність 8. За потреби у бак 6 подається свіжа вода, де підігрівається до потрібної температури і далі потрапляє у ємність 1. Вивантажують промитий фільтрувальний папір у центрифугу 11 та віджимають. Фільтрувальний папір вивантажують і утилізують, а вода потрапляє у ємність 9, звідки перекачується насосом 10 у бак 6, де підігрівається нагрівачем 7 та подається у ємність 1. За технічної необхідності з робочої ємності 1 відпрацьований мийний розчин зливається у ємність 9, звідки відкачується насосом 10 у бак 6.

Експериментальні дослідження показали, що запропонований екологічно безпечний мийний засіб, на основі перекису водню, який не містить ПАР, ефективно вилучає залишки масла з фільтрувального паперу ВАМФ завдяки створенню ефекту флотації забруднювача на поверхні розчину.

Вилучене відпрацьоване автомобільне масло може бути відправлене на регенерацію спеціалізованим підприємствам. Відпрацьований мийний розчин використовується повторно в системі обігового водопостачання. Як зазначалось раніше, вміст нафтопродуктів у ньому становить близько 30 мг/л. За необхідності зупинки процесу промивання для очищення мийного розчину від нафтопродуктів використано механічний спосіб очищення. Видаляється нафтова плівка з поверхні розчину після відстоювання. Для глибокого очищення застосовано біосорбент «Еконадін». Станом на 01.01.2019 року чинними є «Правила приймання стічних вод підприємств у систему каналізації м. Полтава», затверджені рішенням виконавчого комітету Полтавської міської ради № 158 від 18.08.2016 року, де встановлені допустимі концентрації забруднювальних речовин в стічних водах, що приймаються від абонентів Затуринських та Супрунівських очисних споруд. Допустимі концентрації вмісту нафтопродуктів встановлені на рівні 2,25 мг/л та 1,6 мг/л відповідно. Тому відпрацьований мийний розчин після відстоювання та застосування біосорбенту можна скинути в систему каналізації.

Альтернативним способом поводження з промитим фільтрувальним папером ВАМФ може стати його оброблення чотирихлористим вуглецем (тетрахлорметан,  $\text{CCl}_4$ ). Попередньо оброблений перкарбонатом натрію фільтрувальний папір ВАМФ промивають чотирихлористим вуглецем, віджимають пресом та висушують. Отриманий розчин відправляють на відгонку; шляхом нагрівання при  $t = 80^\circ\text{C}$  відбувається відокремлення масла від чотирихлористого вуглецю. Після цього масло відправляється на регенерацію. Отриманий промитий і висушений папір придатний для подальшого використання як волокниста сировина (вторинна сировина) при виробництві тарного і пакувального картону, а також покрівельних, ізоляційних та інших будівельних матеріалів. У разі застосування обох способів



промивання фільтрувального паперу маємо повністю безвідходну технологію утилізації ВАМФ.

На другому етапі проведено аналіз кількісно-якісного складу димових газів при спалюванні фільтрувального паперу, обробленого різними мийними засобами на відповідність екологічним вимогам. Для знешкодження екологічно небезпечного відходу розроблена піч для спалювання фільтрувального паперу з можливістю дослідження димових газів.

Дослідження виконано з відбиранням проб за п'ятьма групами:

вибірка 1 – забруднений фільтрувальний папір після віджимання; вибірка 2 – фільтрувальний папір, промитий пральним порошком та харчовою содою; вибірка 3 – фільтрувальний папір, промитий кальцинованою содою та перекисом водню; вибірка 4 – фільтрувальний папір, промитий перкарбонатом натрію; вибірка 5 – не використаний фільтрувальний папір.

Пробу поміщено в піч та спалено, проведено аналіз утворених димових газів. Визначено концентрації сульфур (IV) оксиду, нітроген (IV) оксиду, карбон (II) оксиду, вуглецю (сажі), а також температури горіння. Після проведення експерименту та ретельного вивчення питання визначено, що фенолформальдегідні смоли, якими просочують фільтрувальний папір автомобільних масляних фільтрів, схильні до термічної деструкції. Тому при дослідженні газоповітряної суміші не були визначені ні фенол, ні формальдегід.

У кожній групі та за кожною речовиною проведено по 20 замірів. Порівняльна характеристика продуктів згорання до та після оброблення забрудненого фільтрувального паперу різними засобами наведена у вигляді коробкових графіків або діаграм розмахів, які дозволяють дати максимально повну статистичну характеристику аналізованої сукупності.

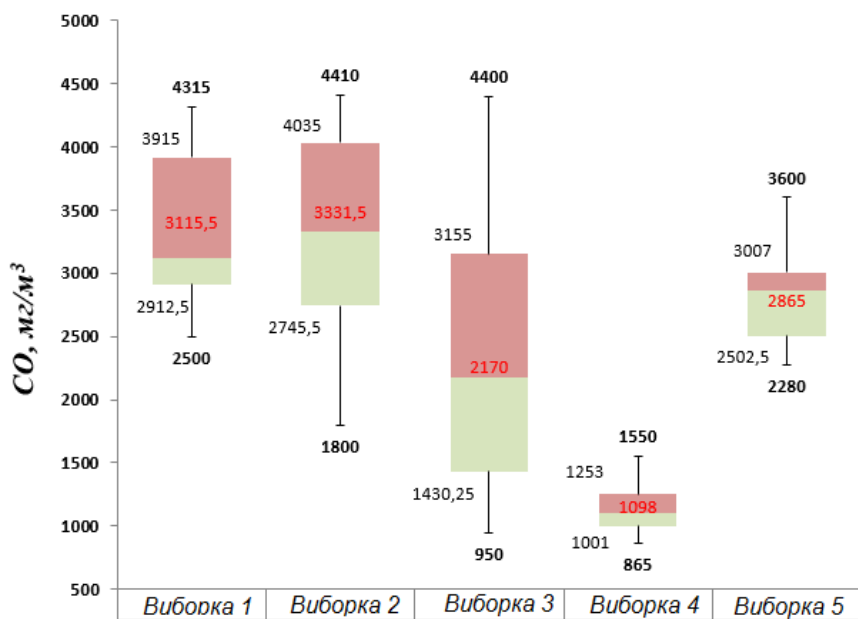


Рисунок 7 – Діаграма зміни концентрацій карбон (II) оксиду

Крім того, діаграми розмаху можна використовувати для візуальної експрес-оцінки різниці між двома і більше групами. Для прикладу приводимо найбільш інформативну діаграму розмахів 5-ти груп зміни концентрацій оксиду вуглецю (рисунок 7).

Порівняльна характеристика продуктів згорання до та після промивання забрудненого фільтрувального паперу різними засобами з чистим фільтрувальним папером подано в

таблиці 4. Досягти максимального зменшення негативного впливу на навколишнє



середовище при утилізації забрудненого фільтрувального паперу можна за умови застосування комбінованого способу його оброблення.

Таблиця 4 – Концентрації забруднювальних речовин

Забруднювальні речовини	Спосіб оброблення фільтрувального паперу				
	Забруднений фільтрувальний папір	Промитий пральним порошком + NaHCO <sub>3</sub>	Промитий розчином Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Промитий розчином Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·1,5 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Не використаний фільтрувальний папір
SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	248,9	241	98,35	25,25	12,95
NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	116,1	133,5	179,45	103,7	162,85
CO, мг/м <sup>3</sup>	3338,65	3295,85	2401,2	1135,05	2817,8
Вуглець (сажа), мг/м <sup>3</sup>	2453,5	1103,5	496	351,5	394,75

Уміст забруднювальних речовин у димових газах при спалюванні фільтрувального паперу залежить від способу утилізації, який використовується. Застосування попереднього промивання, а потім спалювання фільтрувального паперу з подальшим очищенням димових газів різними пристроями дозволяє отримати високий ступінь очищення.

Установлено, що застосування чотирьох ступенів схеми очищення викидів не обов'язкове. Існує можливість виключення рукавного та вугільного фільтрів. Такий метод дозволяє максимально зменшити надходження екологічно небезпечних відходів у навколишнє середовище.

У п'ятому розділі проведено оцінювання розробленої екологічно безпечної технології на відповідність екологічним вимогам. Визначення викидів забруднювальних речовин в атмосферу при утилізації фільтрувального паперу ВАМФ під час спалювання його в печі виконано розрахунковим методом відповідно до чинних методик.

Отже, при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ у печі в атмосферне повітря потрапляють забруднювальні речовини в таких кількостях: сульфур (IV) оксиду – 0,0196 г/с; нітроген (IV) оксиду – 0,0209 г/с; карбон (II) оксиду – 0,02952 г/с; вуглецю (сажі) – 0,00696 г/с.

Для оцінювання впливу викидів при утилізації фільтрувального паперу ВАМФ на якість атмосферного повітря розрахунок проведено при максимальному завантаженні та за умови врахування викидів від джерела при спалюванні фільтрувального паперу в котлі. Розрахунок розсіювання забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери при утилізації фільтрувального паперу показав, що в зоні можливого розміщення житлової забудови (100 м) концентрації досліджуваних речовин не перевищують 1 ГДК.

У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена екологічно безпечна методика утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, алгоритм якої представлений на рисунку 8.

У процесі утилізації таким способом відпрацьовані автомобільні масляні фільтри поділяються на частини, одні з яких потрапляють на рециклінг (складові частини фільтрів типу «КОЛЛАН»), інші – на перероблення та регенерацію

(металеві, гумові частини, відпрацьовані масла), а забруднений фільтрувальний папір – на промивання та спалювання з подальшим отриманням теплової енергії.

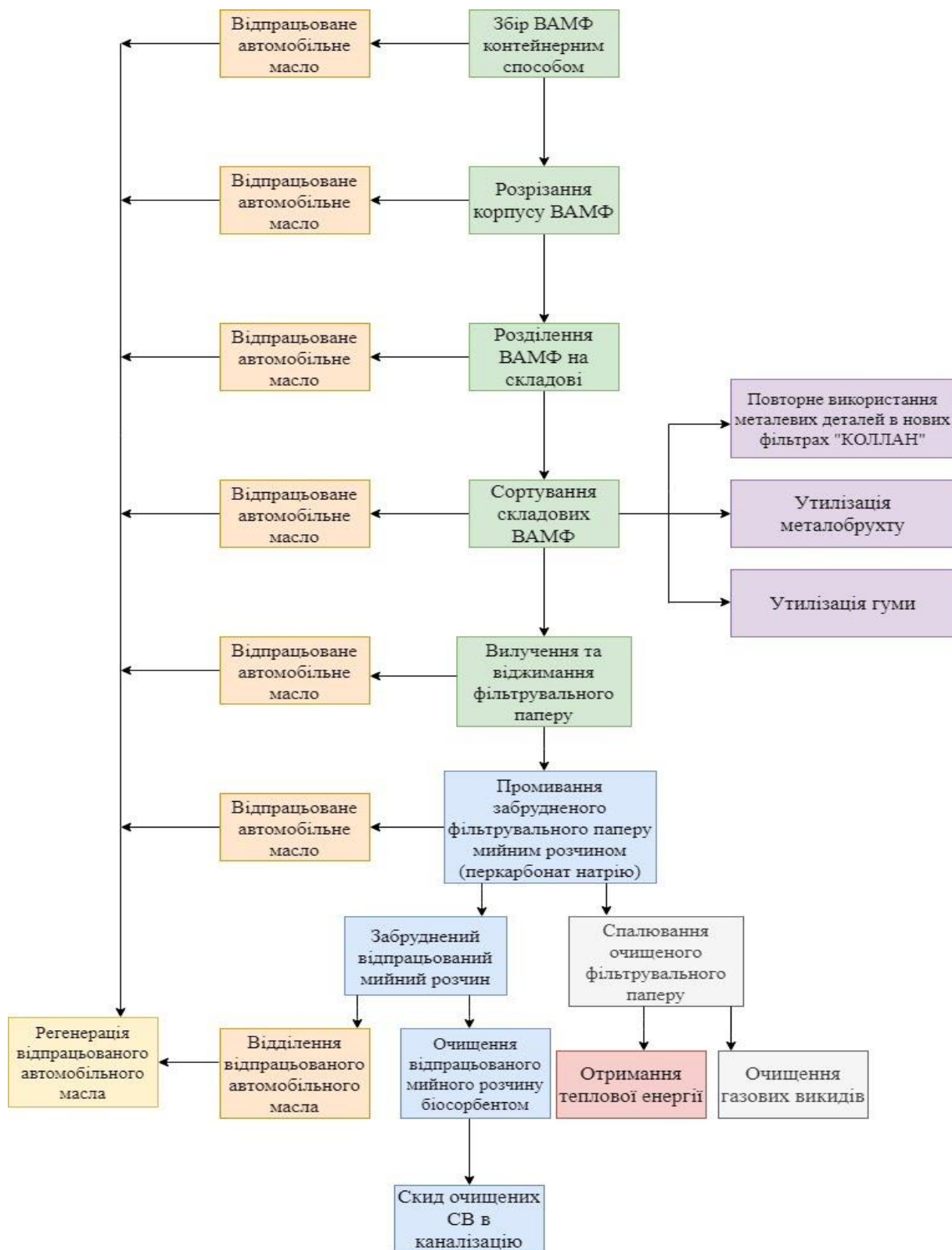


Рисунок 8 – Алгоритм утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

За розрахунками еколого-економічний ефект за рік, одержаний завдяки економії на сплаті екологічного податку в результаті зменшення негативного

впливу на навколишнє природне середовище внаслідок упровадження розробленої екологічно безпечної технології, становить 5,5 тис. грн. Розрахунок розміру відшкодування збитку за наднормативні викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря проведено за кожною речовиною, загальний збиток за рік від потенційного забруднення викидами в атмосферне повітря при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ становить 153,5 тис. грн. Окрім цього визначено річний розмір шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства, він становить 7,6 тис. грн.

Загальний еколого-економічний річний ефект від упровадження запропонованої екологічно безпечної технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів становить 166,6 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науковою працею, яка присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі у галузі екологічної безпеки – зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів за рахунок попереднього оброблення фільтрувального паперу мийним розчином з вилученням залишкового масла перед подальшим термічним знешкодженням.

1. За результатами аналізу й узагальнення вітчизняних та закордонних літературних даних і патентних рішень щодо чинних методів утилізації, а також впливу відпрацьованих автомобільних фільтрів на компоненти довкілля встановлено, що існує нагальна необхідність проведення досліджень щодо удосконалення технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів з метою зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище.

2. При потраплянні ВАМФ у довкілля особливій небезпеці підлягає саме ґрунт, міграція токсичних речовин усередину ґрунтового шару призводить до його деградації і втрати природної родючості. Такі землі вилучаються із сільськогосподарського використання, а стан навколишнього середовища погіршується. Експериментально підтверджено зниження рівня екологічної безпеки ґрунтів за впливу ВАМФ для умов Полтавської області. Тому на першому етапі комплексної технології утилізації ВАМФ потрібно організувати їх збирання. З цією метою запропоновано контейнерний спосіб роздільного збору ВАМФ, який дозволяє здійснювати їх попереднє сортування та роздільний збір за типорозмірами і відділити відпрацьоване масло з подальшим його зливом. Конструкція контейнера захищена патентом на корисну модель.

3. Установлено, що обсяги утворення відпрацьованих автомобільних фільтрів у зв'язку з необхідністю їх частотої заміни і кількістю автомобілів дуже великі та щороку зростають. Компонентний склад фільтрів свідчить про можливість отримання економічного ефекту при застосуванні технології рециклінгу. Використання енергетичного потенціалу відпрацьованого фільтрувального паперу із залишками відпрацьованого моторного масла дозволяє суттєво зменшити щорічні витрати на опалення підприємства ПАТ «НДІ КОЛАН»

за рахунок використання газового палива, та зменшити кількість екологічно небезпечного відходу.

4. З метою визначення максимальної ефективності очищення фільтрувального паперу ВАМФ розроблено математичну модель та одержано стаціонарну (сідлову) точку, що визначила оптимальне співвідношення параметрів технологічного процесу:  $C = 150$  г;  $\Delta m = 6,51$  г;  $t = 87,89$  °С;  $\tau = 32,67$  хв;  $E = 60,21$  %.

5. На підставі проведених експериментальних досліджень щодо вибору мийного засобу визначено, що найбільш перспективним мийним реагентом для зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище є перкарбонат натрію  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$ .

6. У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена комплексна екологічно безпечна методика утилізації ВАМФ, яка виключає надходження небезпечних відходів у довкілля та дозволяє зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

7. Розроблено конструкцію установки для промивання забрудненого фільтрувального паперу і технологію промивання, яка дозволяє додатково вилучити ресурсоцінні компоненти, зменшити кількість відпрацьованого масла та підготувати його для подальшого спалювання з утворенням меншої кількості забруднювальних речовин.

8. Експериментально доведено, що попереднє оброблення фільтрувального паперу мийним розчином дозволяє зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище. Так вміст відпрацьованого масла знижується на 55%, а кількість забруднювальних речовин у димових газах на: сульфур (IV) оксиду – 89%, нітроген (IV) оксиду – 15%, карбон (II) оксиду – 66%, вуглецю (сажі) – 86%.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. Holik Y., Ganoshenko E. Experimental research of withdrawal of oil remains from the used «KOLLAN» oil filters. *Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, No. 2. P. 87 – 91.

*Здобувач навів результати досліджень вилучення залишкового автомобільного масла як ресурсоцінного компонента з фільтрувальних елементів відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів з метою подальшого його використання.*

2. Ганошенко О.М., Голик Ю.С. Аналіз проблеми утворення та утилізації відходів автотранспортного комплексу. *Екологічні науки*. 2018. № 2(21). С. 40 – 46.

*Здобувач розглянув забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом, узагальнив результати вітчизняних і зарубіжних досліджень в області проблем екологічної безпеки автотранспортного комплексу.*

3. Ганошенко О.М., Голик Ю.С. Зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом промивання фільтрувального паперу

відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. *Екологічна безпека*. 2018. № 2/2018 (26). С. 18 – 24.

*Здобувач установив доцільність використання попереднього відділення відпрацьованого масла з фільтрувального паперу, що дозволить швидко зменшити негативний ефект від його спалювання.*

4. Ганошенко О.М., Голик Ю.С., Журавель В.С. Дослідження складу продуктів горіння при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. *Екологічні науки*. 2019. № 1 (24). Т. 2. С. 130 – 136.

*Здобувач провів дослідження якісного і кількісного складу продуктів горіння при спалюванні фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, оброблених різними мийними розчинами.*

5. Ганошенко О.М., Голик Ю.С., Колтунов Г.А. Комплексний підхід до проблеми утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. № 3 – 4. С. 112 – 118.

*Здобувач розглянув проблему утворення відходів автотранспорту, запропонував комплексний підхід утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів.*

6. Ганошенко Е.Н., Голик Ю.С., Колтунов Г.А. Способы утилизации отработанных автомобильных масляных фильтров и направления государственной политики в сфере обращения с отходами. *Интеллектуальный капитал и способы его применения*. 2016. № 2(20). С. 8 – 13.

*Здобувач проаналізував методи утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, узагальнив інформацію щодо поводження з таким типом відходів на законодавчому рівні в Україні.*

7. Ганошенко О.М., Голик Ю.С., Колтунов Г.А. Ресурсный потенциал отработанных автомобильных фильтров. *Sciences of Europe*. 2016. Vol 2, №5 (5). С. 72 – 77.

*Здобувач розглянув основні компоненти різних моделей автомобільних фільтрів та визначив їх компонентний склад.*

8. Holik Y., Ganoshenko E., Maksiuta N. Research on the impact of used automobile oil filters on the soil and natural air. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7, No. 4.8. P. 380 – 384.

*Здобувач дослідив міграційні властивості відпрацьованого автомобільного масла у ґрунті та накопичення нафтопродуктів у сніговому покриві.*

### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

9. Голік Ю.С., Ганошенко О.М., Ваврушак А.М., Колтунов Г.А. Відпрацьовані автомобільні фільтри як ресурсоцінні елементи небезпечних відходів. Матеріали IV Міжнародної наукової конференції молодих вчених та студентів «Екологія. Енергозбереження. Довкілля. Молодь». (Полтава, 5 – 6 грудня 2013 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2013. С. 7 – 13.

10. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Енергоефективні та природоохоронні складові утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів. Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми й перспективи

розвитку академічної та університетської науки». (Полтава, 19 – 20 грудня 2013 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2013. С. 116 – 122.

11. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Аналіз легкового автомобільного парку України та Полтавської області як забруднювача довкілля. Матеріали Всеукраїнської конференції *«Регіональна екологія: сьогоднішня та напрями розвитку»*. (Полтава, 22 – 23 квітня 2014 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2014. С. 3 – 5.

12. Голік Ю.С., Колтунов Г.А., Ганошенко О.М. Утилізація відпрацьованих автомобільних фільтрів. Збірник матеріалів 3-го Міжнародного конгресу *«Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. (Львів, 17 – 19 вересня, 2014 р.). Львів: «Львівська політехніка», 2014. С. 102.

13. Ганошенко О.М. Голік Ю.С., Колтунов Г.А. Очищення повітря від термічного знешкодження елементів масляних автомобільних фільтрів. Збірник статей IX Міжнародної науково-практичної конференції *«Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів»*. (Харків, 29 – 31 жовтня 2014 р.). Харків: ХНАДУ, 2014. С. 185 – 189.

14. Калініченко Т.С., Ганошенко О.М., Голік Ю.С. Оцінка впливу відпрацьованого моторного масла на ґрунт. Матеріали V Міжнародної наукової конференції молодих вчених та студентів *«Екологія. Довкілля. Молодь»*. (Полтава, 22 – 23 жовтня 2015 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2015. С. 116 – 119.

15. Ганошенко О.М. Голік Ю.С., Колтунов Г.А. Ресурсний потенціал відпрацьованих автомобільних фільтрів. Матеріали 4-го Міжнародного конгресу *«Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. (Львів, 21 – 23 вересня 2016 р.). Львів: НУЛП, 2016. С. 20.

16. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Шляхи зменшення викидів при утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів. Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції *«Проблеми екологічної безпеки»*. (Кременчук, 12 – 14 жовтня 2016р.). Кременчук: КНУ ім. Остроградського, 2016. С. 130.

17. Вечера К.С., Ганошенко О.М., Голік Ю.С. Аналіз стану поводження з відпрацьованими складовими автотранспорту. Матеріали IV Міжнародної наукової конференції молодих вчених *«Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»*. (Харків, 2016р.). Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016. С. 75 – 76.

18. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Вилучення нафтопродуктів з відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів з використанням миючих засобів. Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 19 травня 2017 р.). Полтава: ПолтНТУ, 2017. С. 279 – 281.

19. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Забезпечення екологічної безпеки при утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів. Збірник наукових праць VI Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю *«Екологія / Ecology – 2017»*. (Вінниця, 20 – 22 вересня 2017р.). Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 183 – 184.

20. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Зменшення забруднюючих речовин при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки». (Кременчук, 11 – 13 жовтня 2017р.). Кременчук: КНУ ім. Остроградського, 2017. С. 111.

21. Ганошенко О.М., Голік Ю.С., Котляр А.М. Сучасний стан утворення відходів автомобільного транспорту. Матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля». Одеса: ОДЕКУ, 2018. С. 41 – 45.

22. Ганошенко О.М., Голік Ю.С., Котляр А.М. Дослідження впливу відпрацьованих автомобільних фільтрів на ґрунт та атмосферне повітря. Матеріали 5-ого Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». (Львів, 26 – 29 вересня 2018 р.). Львів: НУЛП, 2018. С. 119.

23. Ганошенко О.М. Зменшення негативного впливу відпрацьованих автомобільних фільтрів на довкілля. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Архітектура: Естетика + Екології + Економіка». (Полтава, 2 – 3 жовтня 2018 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка. С. 83 – 84.

24. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Визначення кількісно-якісного складу продуктів горіння фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки». (Кременчук, 4 – 6 жовтня 2018 р.). Кременчук: КНУ ім. М. Остроградського, 2018р. С. 19 – 21.

25. Ганошенко О.М., Рассоха І.В. Розроблення математичної моделі промивання паперової складової відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Vin Smart Eco». (Вінниця, 16 – 18 травня 2019 р.). Вінниця: КВНЗ «Вінницька академія неперервної освіти». С. 239 – 242.

***Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:***

26. Пат. № 103272 на корисну модель України МПК В65F 1/00 (2015.01). Контейнер для роздільного збору відпрацьованих масляних фільтрів / Голік Ю.С., Ганошенко О.М., Колтунов Г.А., Калініченко Т.С.; заявник і патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – № u 201505525; заявл. 04.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23, 2015 р.

27. Пат. № 123717 на корисну модель України МПК В65F 1/00 (2018.01). Спосіб вилучення масла з фільтрувального елемента відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів / Голік Ю.С., Ганошенко О.М., Колтунов Г.А., Вечера К.С.; заявник і патентовласник Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – № u 201707858; заявл. 27.07.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5, 2018 р.

## АНОТАЦІЯ

### **Ганошенко О.М. Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.**

– Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». Сумський державний університет МОН України. Суми, 2019. Спеціалізована вчена рада Д 55.051.04.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі у галузі екологічної безпеки – зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів за рахунок попереднього оброблення фільтрувального паперу мийним розчином з вилученням залишкового масла перед подальшим термічним знешкодженням. Результати роботи пройшли достатню апробацію та мають упровадження, що підтверджено відповідними актами.

Експериментально підтверджено факт негативного впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на навколишнє середовище для умов Полтавської області. Тому на першому етапі комплексної технології утилізації потрібно організувати їх збирання. Для цього запропоновано контейнерний спосіб роздільного збору відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, який дозволить здійснювати їх попереднє сортування та роздільний збір за типорозмірами і відділити відпрацьоване масло з подальшим його зливом. Конструкція контейнера захищена патентом на корисну модель.

Експериментальні дослідження щодо вибору мийного засобу дали змогу визначити, що найбільш перспективним мийним реагентом для розв'язання поставленої задачі виявився перкарбонат натрію  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ . З метою визначення максимальної ефективності очищення фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів розроблено математичну модель та одержано стаціонарну (сідлову) точку, що визначила оптимальне співвідношення параметрів технологічного процесу.

Проведено оцінювання розробленої технології на відповідність екологічним вимогам, яке показало, що попереднє оброблення фільтрувального паперу мийним розчином дозволяє зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище. Так уміст відпрацьованого масла знижується на 55%, а кількість забруднювальних речовин у димових газах на: сульфур (IV) оксиду – 89%, нітроген (IV) оксиду – 15%, карбон (II) оксиду – 66%, вуглецю (сажі) – 86%.

**Ключові слова:** техногенне навантаження, утилізація, відпрацьовані автомобільні фільтри, фільтрувальний папір, відпрацьовані масла, промивання, мийний розчин, кількісно-якісний склад, продукти горіння, екологічна безпека.



## АННОТАЦИЯ

**Ганошенко Е.Н. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при утилизации отработанных автомобильных масляных фильтров.** – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 «Экологическая безопасность». – Сумский государственный университет МОН Украины, Сумы, 2019. Специализированный ученый совет Д 55.051.04.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи в области экологической безопасности – снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при утилизации отработанных автомобильных масляных фильтров за счет предварительной обработки фильтровальной бумаги моющим раствором с извлечением остаточного масла перед термическим обезвреживанием. Результаты работы прошли достаточную апробацию и имеют внедрения, что подтверждено соответствующими актами.

Экспериментально подтвержден факт негативного влияния отработанных автомобильных масляных фильтров на окружающую среду для условий Полтавской области. Поэтому на первом этапе комплексной утилизации нужно организовать их сбор. Для этого предложен контейнерный способ отдельного сбора отработанных автомобильных масляных фильтров, который позволит осуществлять их предварительную сортировку и отдельный сбор по типоразмерам, отделить отработанное масло с последующим его сливом. Конструкция контейнера защищена патентом на полезную модель.

Экспериментальные исследования по выбору моющего средства позволили определить, что наиболее перспективным моющим реагентом для решения поставленной задачи оказался перкарбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ . С целью определения максимальной эффективности очистки фильтровальной бумаги отработанных автомобильных масляных фильтров разработана математическая модель и получена стационарная (седловая) точка, которая определила оптимальное соотношение параметров технологического процесса.

Проведена оценка разработанной технологии на соответствие экологическим требованиям, которая показала, что предварительная обработка фильтровальной бумаги моющим раствором позволяет уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду. Так содержание отработанного масла снижается на 55%, а количество загрязняющих веществ в дымовых газах: серы (IV) оксида – 89%, азота (IV) оксида – 15%, углерода (II) оксида – 66%, углерода (сажи) – 86%.

**Ключевые слова:** техногенная нагрузка, утилизация, отработанные автомобильные фильтры, фильтровальная бумага, отработанные масла, промывка, моющий раствор, количественно-качественный состав, продукты горения, экологическая безопасность.

## ABSTRACT

**Ganoshenko O.M. Reduction of the technology-related load on the environment under the disposal of waste automobile oil filters.** – Qualifying scientific work manuscript copyright.

Thesis for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences (PhD) in specialty 21.06.01 «Ecological safety». – Sumy State University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2019. Specialized Academic Council D 55.051.04.

The thesis is devoted to the actual problem of reducing the technology-related load on the environment at the disposal of waste automobile oil filters by preliminary filter paper processing by means of a washing solution with the residual oil extraction before further thermal decontamination. The results of the research have been sufficiently tested and implemented, which is confirmed by the relevant acts.

The fact of negative influence of waste automobile oil filters on the environment for the Poltava region conditions has been experimentally confirmed. Therefore, at the first stage of integrated recycling technology, it is necessary to organize their collecting. For this purpose, a container method for the separate collection of waste automobile oil filters is proposed, which will allow to pre-sort them and collect separately according to standard sizes and separate the waste oil with its subsequent drain. The design of the container is protected by a utility model patent.

Experimental research on the detergent choice has made it possible to determine that the most promising detergent reagent for solving the problem is sodium percarbonate  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$ . In order to determine the maximum efficiency of cleaning the filter paper of the waste automobile oil filter, a mathematical model was developed and a stationary (saddle) point was obtained that determined the optimal ratio of the technological process parameters.

The evaluation of the developed technology for compliance with ecological requirements has been carried out. It showed that the preliminary treatment of filter paper with a washing solution can reduce the technology-related load on the environment. So the amount of waste oil is reduced by 55%, and the amount of pollutants in fume gases is: sulfur dioxide – 89%, nitrogen dioxide – 15%, carbon monoxide – 66%, soot – 86%.

**Keywords:** technology-related load, disposal, waste automobile filters, filter paper, waste oils, washing, washing solution, quantitative-qualitative composition, combustion products, environmental safety.

Підписано до друку 25.10.2019.

Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. № 152

Видавець і виготовлювач поліграф центр  
Полтавського національного технічного університету  
Імені Юрія Кондратюка  
36011, Полтава, Першотравневий проспект, 24  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру  
Видавництв, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
Серія ДК, № 3130 від 06.03.2008 р.