

ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГАНОШЕНКО ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА

УДК 502.174:629.063.7-027.32(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека
Галузь знань – технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Ганошенко О.М.

Науковий керівник – Голік Юрій Степанович к.т.н., доцент.

Полтава – 2019

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.

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.

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

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Голик 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. Голик Ю.С., Ганошенко О.М. Энергоэффективные 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: сьогодення 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 ІХ 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 2016 р.). 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, 2016 р.). 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 2017 р.). 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 2017 р.). 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. – № 201707858; заявл. 27.07.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5, 2018 р.

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.

Scientific papers, in which the main scientific results of the thesis were published

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.
2. Ganoshenko E., Golik Y. Analiz problem utvorenniya ta utilizatsii vidhodiv avtotransportnogo kompleksu [Analysis of the problem of the formation and disposal of waste motor complex]. *Ecological sciences*. 2018. Vol. 2(21). P. 40–46.
3. Ganoshenko E., Golik Y. Zmenschennya tehnogennoho navantazennya na navkolushne seredovishche shlyahom promivannya filtruvalnogo paperu vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv [determination of technogenic filling on the environment by filling the filter paper of used automobile oil filters] *Ecological safety*. 2018. Vol. 2/2018 (26). P. 18–24.
4. Ganoshenko E., Holik Y., Zhuravel V. Doslidzennya skladu produktiv gorinnya pri utilizatsii vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv [Investigation of the composition of combustion products in the disposal of used automotive oil filters]. *Ecological sciences*. 2019. Vol. 1 (24). T. 2. P. 130–136.
5. Ganoshenko E., Golik Y., Koltunov A. Komplekcnij pidhid do problemy utilizatsii vidpratsevanih avtomobilnih filtriv [Integrated approach to the problem of

waste automobile filters disposal]. *Man and the environment. Problems of neoecology*. 2014. Vol. 3–4. P. 112–118.

6. Ganoshenko E., Golik Y., Koltunov A. Sposoby utilizatsii otrabotanih avtomobilnih filtrov i napravleniya gosudarstvennoy politiki v sfere obrasheniya s othodami [Disposal of used automobile oil filters and public policies in the sphere of waste handling]. *Intellectual capital and methods of application*. 2016. Vol. 2(20). P. 8–13.

7. Ganoshenko E., Golik Y., Koltunov A. Resursniy potentsial otrabotanih avtomobilnih filtrov [Resource potential of used automobile filters]. *Sciences of Europe*. 2016. Vol 2, №5 (5). P. 72–77.

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.

Scientific papers, which testify to the approbation of the materials of the thesis.

9. Holik Y., Ganoshenko E., Vavrishak A., Koltunov G. Vidpratsevani avtomobilni filtri yak resursotsinni elementi nebezpechnih vidhodiv [Used automobile filters as hazardous waste resource valuable items]. *Ecology. Energy Saving. The environment. Young. Materials of the IV International Scientific Conference of Young Scientists and Students. (Poltava city, 5–6 December 2013)*. Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 2013. P. 7–13.

10. Holik Y., Ganoshenko E. Energoefektivni ta prirodoohoronni skladovi utilizatsii vidpratsevanih avtomobilnih filtriv [Energy-efficient and environmentally friendly components for recycling waste automobile filters]. *Problems and prospects of academic and university science development. Materials VI Ukrainian scientific - practical conference. (Poltava city, 19–20 December 2013)*. Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 2013. P. 116–122.

11. Holik Y., Ganoshenko E. Analis legkovogo avtomobilnogo parku Ukrainy ta Poltavskoi oblasti yak zabrudnyvacha dovkilliya [Analysis of the automobile fleet

Ukraine and Poltava region as environmental pollutants]. *Regional Ecology: Present and areas of development. Materials Ukrainian scientific conference. (Poltava city, 22–23 April 2014)*. Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 2013. P.3–5.

12. Holik Y., Koltunov G., Ganoshenko E. Utilizatsiya vidpratsevanih avtomobilnih filtriv [Utilization of used automobile filters]. *Environmental Protection. Energy saving. Sustainable Environmental Management. Materials of the 3rd International Congress. (Lviv, 17–19 September, 2014)*. Lviv: National University of Lviv Polytechnic, 2014. P. 102–103.

13. Ganoshenko E., Holik Y., Koltunov G. Ochishchennya povitrya vid termichnogo zneshkodzennya elementiv maslyanih avtomobilnih filtriv [Air purification from thermal neutralization of elements of oil automotive filters]. *Ecological - legal and economic aspects of ecological safety of regions. Materials IX International scientific - practical conference. (Kharkiv, 29–31 October 2014)*. Kharkiv: Kharkiv National Automobile and Highway University, 2014. P. 185–189.

14. Kalinichenko T., Ganoshenko E., Holik Y. Otsinka vplivu vidpratsevanogo motornogo masla na grunt [Assessing the impact of waste motor oil on the ground]. *Ecology. Energy Saving. The environment. Young. Materials of the V International Scientific Conference of Young Scientists and Students. (Poltava city, 22–23 October 2015)*. Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 2015. P. 116–119.

15. Ganoshenko E., Holik Y., Koltunov G. Resursnyi potentsial vidpratsevanih avtomobilnih filtriv [Resource potential of used automobile filters]. *Environmental Protection. Energy saving. Sustainable Environmental Management. Materials of the 4th International Congress. (Lviv, 21–23 September, 2016)*. Lviv: National University of Lviv Polytechnic, 2016. P. 20–21.

16. Holik Y., Ganoshenko E. Shlyahi zmenshennya vikidiv pri utilizatsiyi vidpratsevanih avtomobilnih filtriv [Ways of reducing emissions in the disposal of waste automobile filters]. *Problems of Environmental Safety. Materials of the XIV International Scientific and Technical Conference. (Kremenchuk, 12–14 October,*

2016). Kremenchuk: Kremenchug National Mykhailo Ostrogradsky University, 2016. P. 130–131.

17. Vecherya K., Ganoshenko E., Holik Y. Analiz stanu povodzennya z vidpratsevanimi skladovimi avtotransportu [Analysis of the state of handling of spent components of vehicles]. *Ecology, environmental protection and sustainable environmental management. Materials of the IV International scientific conference of young scientists. (Kharkiv, 2016)*. Kharkiv: Kharkiv National Karazin University, 2016. P.75–76.

18. Ganoshenko E., Holik Y. Viluchennya naftoproduktiv z vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv z vukoristannyam miyuchih zasobiv [Removal of petroleum products from used automotive oil filters using detergents]. *Materials of the 69th Conference of Professors, Teachers, Researchers, University Students. Volume 1. (Poltava city, april 19 – may 19, 2017)*. Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 2017. P. 279–281.

19. Holik Y., Ganoshenko E. Zabezpechennaya ekologichvoyi bezpeki pri utilizatsiya vidpratsevanih avtomobilnih filtriv [Ensuring environmental safety in the disposal of waste automobile filters]. *Ecology – 2017. Materials VI Ukrainian Congress of Ecologists with International Participation (Vinnytsya, 20–22 september, 2017)*. Vinnytsya: Vinnytsia National Technical University, 2017. P. 183–184.

20. Holik Y., Ganoshenko E. Zmenschennya zabrudnyuyuchih rechovin pri utilizatsiya vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv [Reducing pollutants when disposing of used automotive oil filters] *Problems of Environmental Safety. Materials of the XV International Scientific and Technical Conference. (Kremenchuk, 11–13 october, 2017)*. Kremenchuk: Kremenchug National Mykhailo Ostrogradsky University, 2017. P. 111–112.

21. Ganoshenko E., Holik Y., Kotlyar A. Suchasniy stan utvorennya vidhodiv avtomobilnogo transportu [The current state of the formation of road transport waste]. *Regional Environmental Problems. Materials of the International Scientific*

Conference of Young Scientists. (Odessa, 30 may – 1 june 2018). Odessa: Odessa State Ecological University, 2018. P. 51–55.

22. Ganoshenko E., Holik Y., Kotlyar A. Doslidzennya vplivu vidpratsevanih avtomobilnih filtriv na grunt ta atmosferne povitrya [Research of the influence of used automobile filters on soil and atmospheric air]. *Environmental Protection. Energy saving. Sustainable Environmental Management. Materials of the 5th International Congress. (Lviv, 26–29 September, 2018).* Lviv: National University of Lviv Polytechnic, 2018. P. 119–120.

23. Ganoshenko E. Zmenschennya negativnogo vplivu vidpratsevanih avtomobilnih filtriv na dovkillya [Reducing the negative impact of used automotive filters on the environment]. *Architecture: Aesthetics + Ecology + Economics. Materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference. (Poltava city, 2-3 october, 2018).* Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 2018. P. 83–84.

24. Ganoshenko E., Holik Y. Vyznachennya kilkisno yakisnogo skladu produktiv gorinnya filtruvalnogo paperu vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv [Determination of quantitative and qualitative composition of products of burning of filter paper of used automotive oil filters]. *Problems of Environmental Safety. Materials of the XVI International Scientific and Technical Conference. (Kremenchuk, 4–6 october, 2018).* Kremenchuk: Kremenchug National Mykhailo Ostrogradsky University, 2018. P. 19–21.

25. Ganoshenko E., Rassoja I. Rozroblennya matematichnoyi modeli promivannya paperovoyi sklsovoyi vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv [Development of mathematical model of washing of paper component of used automobile oil filters]. *Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference “Vin Smart Eco”. (Vinnytsia, 16–18 may, 2019).* Vinnytsia Academy of Continuing Education”. C. 239–242.

Scientific papers, which additionally reflect the scientific results of the thesis.

26. Utility Model Patent No. 103272 Ukraine, MPK B65F 1/00 (2015.01). Konteyner dlya rozdilnogo zboru vidpratsevanih maslyanih filtriv [Container for separate collection of waste oil filters] / Holik Y., Ganoshenko E., Koltunov G., Kalinichenko T.; Application 04.06.2015; Published 10.12.2015, Bulletin No. 23, 2015.

27. Utility Model Patent No. 123717 Ukraine, MPK MПК B65F 1/00 (2018.01). Sposib viluchennya masla z filtruvalnogo elementa vidpratsevanih avtomobilnih maslyanih filtriv [A method for extracting oil from a filter element of used automotive oil filters] / Holik Y., Ganoshenko E., Koltunov G., Vecherya K.; Application 27.07.2017; Published 12.03.2018, Bulletin No. 5, 2018.

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	21
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРОБЛЕМАТИКИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ	
1.1 Аналіз життєвого циклу складових автомобільного транспорту.....	28
1.2 Законодавчі аспекти утилізації відходів експлуатації автомобільного транспорту.....	32
1.3 Аналіз масштабів утворення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	40
1.4 Світовий досвід поводження з відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами.....	42
1.5 Деталізація існуючих методів утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	49
1.6 Особливості поводження з відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами в Україні.....	56
1.7 Екологічні наслідки потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля.....	62
1.8 Обґрунтування теми дисертаційної роботи та постановка завдань дослідження.....	66
РОЗДІЛ 2	
ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДИСЛІДЖЕННЯ	
2.1 Загальна методика досліджень	
2.1.1 Методика вибору мийного засобу.....	69

2.1.2	Методика проведення факторного аналізу процесу промивання фільтрувального паперу.....	70
2.1.3	Методика спалювання фільтрувального паперу для отримання теплової енергії.....	71
2.1.4	Методика оцінювання впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунт та атмосферне повітря.....	72
2.2	Експериментальне дослідження впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунт.....	75
2.3	Аналіз розповсюдження відпрацьованого автомобільного масла в ґрунті.....	79
2.4	Дослідження накопичення нафтопродуктів у сніговому покриві.....	82
2.5	Оцінювання величини шкоди від розміщення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунті.....	84
2.6	Пропозиції щодо мінімізації потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля.....	87
	Висновки до розділу 2.....	89

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ СИРОВИННО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ

3.1	Конструктивні особливості відпрацьованих автомобільних фільтрів та властивості автомобільних масел.....	91
3.2	Визначення теплоти згоряння фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	101
3.3	Спосіб отримання альтернативного палива з відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	104
3.4	Аналіз існуючої схеми очищення викидів при спалюванні фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	106

3.5 Експериментальна перевірка технології спалювання на відповідність екологічним вимогам.....	109
Висновки до розділу 3.....	112

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЛЯНИХ ФІЛЬТРІВ

4.1 Розроблення технології промивання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних фільтрів	
4.1.1 Вибір мийного засобу для забрудненого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	113
4.1.2 Побудова математичної моделі промивання забрудненого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	119
4.1.3 Розроблення конструкції установки для промивання забрудненого фільтрувального паперу.....	133
4.1.4 Пропозиції щодо очищення відпрацьованого мийного розчину від нафтопродуктів.....	137
4.2 Аналіз кількісно-якісного складу димових газів при спалюванні фільтрувального паперу, обробленого різними мийними засобами.....	139
Висновки до розділу 4.....	145

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЛЯНИХ ФІЛЬТРІВ

5.1 Алгоритм комплексної технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів	147
5.2 Оцінювання розробленої технології на відповідність екологічним вимогам	150

5.3 Еколого-економічне оцінювання технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.....	155
Висновки до розділу 5.....	158
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	159
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	161
ДОДАТКИ	179

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І СКОРОЧЕНЬ

Скорочення

ВАФ – відпрацьовані автомобільні фільтри;

ВАМФ – відпрацьовані автомобільні масляні фільтри;

ISO – Международная организация по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization);

СТО – станція технічного обслуговування;

ДК – державний класифікатор;

UNFPA – Фонд Організації Об'єднаних Націй в області народонаселення (ЮНФПА);

ЄС – європейський союз;

ДАІ ГУ МВС – Державна автомобільна інспекція Головного управління Міністерства внутрішніх справ;

АТВ – автотранспортні відходи;

ВАТЗ – відпрацьовані автотранспортні засоби;

ТПВ – тверді побутові відходи;

ВВП – валовий внутрішній продукт;

ПАР – поверхнево активні речовини;

ТДК_н – тимчасово допустима концентрація нафтопродуктів у ґрунті;

ЗР – забруднююча речовина;

ГДК_{сд} – середньодобова гранично допустима концентрація;

ПКУ – Податковий Кодекс України.

СВ – стічні води.

Умовні позначення, символи

m – маса умовного палива, т;

V – об'єм природного газу, м³;

E – ефективність промивання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, %;

C – кількість мийного засобу, г;

t – температура води, °С;

τ – тривалість промивання, хв.;

Δm – початковий уміст масла в фільтрувальному папері, г;

F – критерій Фішера;

b_i – коефіцієнт регресії.

ВСТУП

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, $t = 87,79$ °С, $\tau = 35,67$ 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 ВАРМФ, 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 (Додаток А).

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 Eсо» (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.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ

1.1 Аналіз життєвого циклу складових автомобільного транспорту

Глобальна автомобілізація окрім забруднення повітря додала людству проблему утворення авторотанспортних відходів. Значна частина маси автомобіля утилізується або переробляється, проте в усьому світі щорічно виявляється до 7 млн. т відходів. У даний час Міжнародною організацією зі стандартизації ISO розроблено ряд вимог щодо оцінювання та управління екологічною безпекою продукції за її повний «життєвий цикл», що включає стадії видобування сировинних матеріалів, виготовлення виробів, отримання енергії, її використання та ліквідації відходів. Ряд автомобільних фірм вже керуються цими стандартами і таким чином покращують екологічні показники своєї продукції протягом усього «життєвого циклу».

За даними статистики, щороку в Україні з експлуатації виводиться від 100 до 200 тисяч машин. Проте самостійно їх відправляють на утилізацію не більше 5 % автовласників, а тому на сьогодні утилізації підлягає вже понад 1 млн автомобілів, не придатних для експлуатації. Упровадження концепції утилізації таких автомобілів надасть можливість переробити їх, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу. У середньому термін експлуатації легкового автомобіля складає 10–15 років, проте в Україні цей показник може досягати і більшого терміну. У результаті експлуатації, а також протікання фізичних і хімічних процесів, що відбуваються в автомобілі, його вузли і механізми поступово зношуються, технічний стан погіршується і, як наслідок, збільшується кількість шкідливих викидів в атмосферу [1].

Склад відпрацьованих газів залежить від використаного палива, присадок та масел, режиму роботи двигуна, його технічного стану, умов руху автомобіля та інше. Токсичність таких газів бензинових двигунів зумовлена

головним чином вмістом оксиду вуглецю та оксидом азоту, а у дизельних – оксидом азоту і сажі (таблиця 1.1) [2, 3].

Таблиця 1.1 – Компонентний склад відпрацьованих газів автомобілів (% по масі)

Компоненти	Бензиновий двигун	Дизельний двигун
Карбон (IV) оксид CO ₂ , %	5,0–12,0	1,0–12,0
Карбон (II) оксид CO, %	0,5–12	0,005–0,4
Оксиди нітрогену NO _x , %, зокрема:	0,01–0,8	0,004–0,5
Нітроген (II) оксид NO, %	–	0,004–0,5
Нітроген (IV) оксид NO ₂ , %	–	0,00013–0,013
Вуглеводні C _x H _y , %	0,2–3,0	0,009–0,3
Бензопірен C ₂₀ H ₁₂ , мкг/м ³	0–20	0,05–1,0
Сажа С, г/м ³	0–0,04	0,01–1,1
Оксиди сульфуру SO _x , %, зокрема:	До 0,008	0,002–0,02
Сульфур (IV) оксид SO ₂ , %	–	0,0018–0,02
Сульфур (VI) оксид SO ₃ , %	–	0,00004–0,0006
Альдегіди RCHO, %, зокрема:	0–0,2	0,0001–0,002
Формальдегід HCHO, %	–	0,0001–0,0019
Акролеїн CH ₂ CHCHO, %	–	0,0001–0,00013

Усі ці шкідливі речовини потрапляють в атмосферне повітря, а більшість з них осідає на поверхню ґрунту та рослин на відстані 100–300 м обабіч доріг. Якщо порівняти кількість викидів від стаціонарних та пересувних джерел, то можна зробити висновок, що у більшості областей України переважають викиди від автотранспорту. Окрім шкідливих викидів відпрацьованих газів

сам автомобіль є небезпечним відходом як у процесі експлуатації, так і після закінчення строку служби.

За даними статистичної звітності, легковий автомобіль за рік проходить у середньому до 23000 км, вантажний автомобіль – до 20000 км, автобуси – до 40000 км, проте маршрутні таксі та мікроавтобуси мають значно більші показники. Особливості безпечної технічної експлуатації всіх видів автомобільного транспорту передбачають проведення регламентних ремонтних робіт на станціях технічного обслуговування, в автопарках, автоколонах, що пов'язано з заміною автомобільних складових. Особливої уваги заслуговують відпрацьовані масляні, повітряні, паливні і вентиляційні фільтри. Обслуговування частини легкових автомобілів раніше здійснювалось власниками авто, які мали певний досвід експлуатації та здатні на проведення регламентних та ремонтних робіт самостійно, але зараз цей процес на 80% здійснюється на СТО.

За технологічним регламентом ремонтних робіт для нового автомобіля заміна фільтрувальних елементів здійснюється через 2500км. Для автомобілів, що вже пройшли стадію гарантійного обслуговування, заміна здійснюється через кожні 10000 км. В окремих випадках, при візуальному спостереженні за станом фільтрів, ці процедури можуть виконуватися й раніше [4].

В Україні найстаріші автомобілі від усіх країн Європи. Середній вік українських авто виріс у 2017 році до 19,1 років. Це найгірший показник за всю історію спостережень за авторинком України, що приведено на рисунку 1.1 [5].

Одна з причин: в Україні ніде утилізувати непотрібні автомобілі. За словами експертів, за час дії закону про утилізацію транспорту жодної машини не перероблено. За статистичними даними 27% автомобілів старші за 30 років і 47% автомобілів мають вік від 10 до 30 років. Чим старіший автомобіль, тим більше шкоди навколишньому середовищу він завдає. 2013 року в Україні набув чинності закон про утилізацію транспортних засобів, згідно якого повинна була з'явитись мережа утилізаційних центрів.

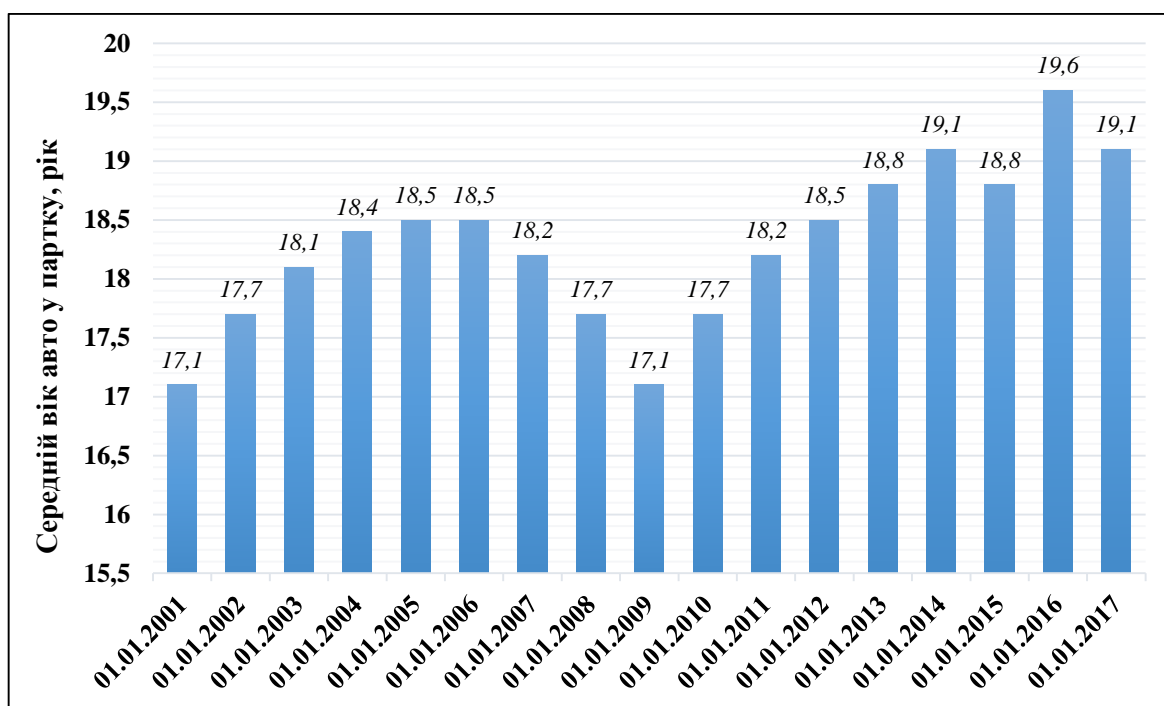


Рисунок 1.1 – Середній вік автомобілів в Україні

Планувалося, що держава відшкодуватиме вартість утилізації підприємствам і для цього на всі нові автомобілі ввели утилізаційний збір. Але вже 2015 року новий податок скасували через тиск автомобілістів і бізнесу, а система так і не запрацювала, хоча ліцензію на утилізацію авто у 2015 році отримало понад 280 підприємств України.

Через відсутність джерела фінансування на утилізацію за 5 років дії закону в Україні ще не перероблений жоден автомобіль. До того ж у населення немає стимулу позбавлятися старих машин. Наприклад, у Франції, якщо громадянин не здасть автомобіль на утилізацію, йому загрожує штраф 75 тис. євро і два роки ув'язнення. Норвежці платять 350 доларів при купівлі авто, гроші повертаються при поверненні транспорту на утилізацію. У Німеччині виробник повинен використовувати не менше ніж 95% матеріалів, які піддаються переробленню. А в Україні старий автомобіль, у кращому випадку, розбирають, щось здають на металобрухт, а на утилізацію потрапляють шини та акумулятори [6].

Небезпечними відходами транспортних засобів є: старі кузови автомобілів, зношені шини, акумулятори, відпрацьовані масла (оливи),

відпрацьовані фільтри. Масштаби утворення автомобільних відходів вражаючі, тому необхідно вживати заходи для організації системи поводження з ними, особливо що стосується утилізації з метою вилучення ресурсоцінних складових. Що стосується відпрацьованих автомобільних фільтрів – питання відкрите, зважаючи на те, що цей вид відходів має достатній ресурсний потенціал.

Більше ніж у 50-и країнах світу прийняті законодавчі акти про рециклінг автотранспорту. У Європі, наприклад, за кожний старий автомобіль, зданий на утилізацію, надають знижку на придбання нового автомобіля. У США щороку переробляють більше 95% зданих населенням автомобілів, у Японії – близько 5 мільйонів автомобілів щороку. Світова практика свідчить про те, що власник сам платить за утилізацію автомобіля (при покупці нового авто) [9].

Всі відходи транспортних засобів є небезпечними для довкілля і, в той же час, мають ресурсоцінний потенціал. Старі кузови автомобілів, відпрацьовані автомобільні фільтри та інші складові мають збиратись і перероблятись. Налагодження системи збирання та перероблення відходів транспортних засобів (високотехнологічного сміття), забезпечить суттєве зменшення забруднення міських територій нафтопродуктами, металами, зокрема важкими це дозволить отримати сировину для подальшого використання в промисловості, що значно поліпшить екологічний та санітарний стан міських територій та економічне становище держави.

1.2 Законодавчі акти щодо утилізації відходів відпрацьованого автомобільного транспорту

Процес становлення в ЄС спільних правил для транспортних засобів з виробленим ресурсом розпочався з прийняттям Європейською Комісією у 1989 році «Загальної стратегії щодо поводження з відходами». Європейська Комісія прагнула поєднати інтереси у сфері охорони навколишнього середовища та промисловості з метою досягнення консенсусу у визначенні

шляхів вирішення проблеми щодо поводження з такими значними відходами, як транспортні засоби з виробленим ресурсом. Після дуже гучних дебатів між регуляторами та промисловістю Рада Європи у липні 1999 року дійшла до загальної позиції стосовно проекту директиви. Після другого читання Європейським Парламентом Директива ЄС № 2000/53 від 18.09.2000 року про транспортні засоби з виробленим ресурсом, була запланована на прийняття протягом 2000 року, але автомобільна промисловість, як і раніше, виступала проти її основних положень [10].

У Європі поводження з відходами чітко регламентується нормативними правовими актами, контролюється державними органами, та регулюється економічно – підприємства несуть відповідальність за перероблення випущеної ними продукції. Необхідні кошти на перероблення відходів виділяються державою (за рахунок збирання податків з власників автомобілів і фірм імпортерів) і акумулюються в спеціальних екологічних фондах на місцевому і регіональному рівні:

- Директива 2000/53/ЄС по утилізації транспортних засобів з відпрацьованим ресурсом.
- Директива 2005/64/ЄС щодо схвалення типу транспортних засобів щодо їх повторного використання, вторинної переробки та утилізації.
- Постанова 2003/138/ЄС щодо маркування автомобільних матеріалів і компонентів для цілей утилізації.
- Міжнародний стандарт ISO-22628 з проведення розрахунку коефіцієнтів рециклінгу та утилізації автомобілів.
- Постанова 2008/689/ЄС, Постанова 2005/673/ЄС, Постанова 2002/525/ЄС щодо заборони та обмеження застосування важких металів (свинцю, ртуті, кадмію та шестивалентного хрому) в автомобільних компонентах і матеріалах.

Міжнародний стандарт ISO-22628 визначає спосіб розрахунку швидкості перероблення та відновлення нового дорожнього транспортного засобу, що виражений як масова частка транспортного засобу [11]. За цією

процедурою, яка виконується виробником автомобіля, коли на ринок випускається новий автомобільний транспортний засіб, то він може бути перероблений, повторно використаний або відновлений.

Паралельно із розвитком законодавчого регулювання на рівні ЄС, більшість держав-членів забезпечили виконання різних форм добровільних угод щодо поводження з транспортними засобами з виробленим ресурсом та напрацювання національних правил, безпосередньо в яких приймали участь як автомобільна промисловість, так і суб'єкти господарювання, діяльність яких пов'язана з виробництвом автомобілів та транспортними засобами з виробленим ресурсом. Як наслідок, очікувана директива та добровільні угоди спричинили виявлення ініціатив з боку промисловості, а також відбувалось поширення технологічних та організаційних інновацій у цій сфері. Особливі нововведення були запроваджені для створення інфраструктури підприємств щодо перероблення транспортних засобів та їх демонтажу.

Необхідно зазначити, що директива 2000/53/ЄС поширюється на транспортні засоби з виробленим ресурсом, у тому числі їх деталі та матеріали. В ній уводяться такі основні поняття:

1. Оброблення.
2. Повторне використання.
3. Переробка.
4. Суб'єкти економічної діяльності.
5. Небезпечні речовини – це будь-які речовини, які вважаються небезпечними згідно з Директивою 67/548/ЄЕС [12].
6. Подрібнювач.

Деякі види рідин або компонентів, таких як гальванічні рідини, рідини омивача вітрового скла, масляні фільтри та ароматизатори не завжди видаляються, а тому відбувається забруднення ними довкілля.

Так, відповідно до статті 4 Директиви 75/442/ЄЕС, держави-члени повинні вжити необхідних заходів, щоб утилізація та захоронення відходів здійснювалась без будь-якої загрози здоров'ю людини та без використання

процесів та методів, які можуть нанести шкоду навколишньому середовищу, та зокрема без:

- ризику для води, повітря, ґрунту, рослин, тварин та людини;
- незручностей через шум та запахи;
- шкоди для сільської місцевості та місць, що представляють особливий інтерес.

З урахуванням того, що автомобіль складається із багатьох цінних матеріалів, наприклад: метал, високоякісна пластмаса, гума, існує величезний потенціал для того, щоб вони піддавались переробленню і повертались до циклу виробництва, для зменшення споживання сировини та електроенергії. В ЄС практично всі компоненти автомобіля можуть бути перероблені для повторного використання чи отримання енергії (шляхом утилізації).

Основними нормативно-правовими актами, які діють в Україні стосовно поводження з транспортними засобами з відпрацьованим ресурсом, є:

- Закон України «Про відходи» від 5.03.1998 р. № 187/98-ВР зі змінами та доповненнями [13];
- Закон України «Про металобрухт» від 05.05.1995 року № 619-XIV зі змінами та доповненнями від 16.09.2012 року [14];
- Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 р. № 3353-XII [15];
- Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 № 2344-III [16];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про впровадження системи збирання, заготівлі та утилізації відходів як вторинної сировини» від 26 липня 2001 року № 915 [17];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання збирання, видалення, знешкодження та утилізації відпрацьованих мастил (олив)» від 27 липня 2011 року № 1075 [18];

- Постанова Кабінету Міністрів України «Про єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються» від 22.12.2010 р. № 1166[19];

- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку окремих видів відходів як вторинної сировини, збирання та заготівля яких підлягають ліцензуванню» від 28 лютого 2001 року №183 [20];

- Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 04.11.2011 №431 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності із збирання, заготівлі окремих видів відходів як вторинної сировини» [21];

- Державний класифікатор відходів ДК 005-96, затверджений наказом Держспоживстандарту України від 29 лютого 1996 року № 89 [22].

Закон України «Про відходи» визначає правові, організаційні та економічні засади діяльності, пов'язані з запобіганням або зменшенням обсягів утворення відходів, їх збиранням, перевезенням, зберіганням, сортуванням, обробленням, утилізацією та видаленням, знешкодженням та захороненням, а також зі зменшенням негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини на території України.

Закон регулює відносини, які пов'язані з утворенням, збиранням і заготівлею, сортуванням, перевезенням, зберіганням, обробленням (переробленням), утилізацією, видаленням, знешкодженням та захороненням відходів, що утворюються в Україні, транспортуються через її територію, вивозяться з неї, а також з перевезенням, обробленням та утилізацією відходів, що ввозяться в Україну як вторинна сировина.

В Україні більшість транспортних засобів, які втратили свою експлуатаційну цінність, здаються на металобрухт, певні частини транспортного засобу знімають та переробляються як вторинна сировина або розбираються на запасні частини та продаються, а решта непотрібних частин й матеріалів просто вивозяться на звалища. Така ситуація пов'язана з економічною не вигідністю перероблення всього транспортного засобу,

відсутністю спеціальних технологій перероблення, відповідної системи контролю за процесом оброблення і звітності про показники перероблення та залишки від процесу оброблення транспортних засобів з відпрацьованим ресурсом. Матеріали і деталі транспортних засобів з відпрацьованим ресурсом можуть підлягати переробленню та утилізації як вторинна сировина, тобто відходи, для утилізації й перероблення яких в Україні існують відповідні технології та виробничо-технологічні або економічні передумови.

Видалення відходів здійснюється відповідно до встановлених законодавством вимог екологічної безпеки з обов'язковим забезпеченням можливості утилізації чи захоронення залишкових продуктів за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного й епідемічного благополуччя населення.

Забороняється змішування чи захоронення відходів, для утилізації яких в Україні існує відповідна технологія. Забороняється несанкціоноване скидання і розміщення відходів (у тому числі побутових) у підземних горизонтах, на території міст та інших населених пунктів, на територіях природно-заповідного фонду, на землях природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення, в межах водоохоронних зон та зон санітарної охорони водних об'єктів, в інших місцях, що може створювати небезпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людини.

Згідно з Законом України «Про відходи», суб'єкти господарської діяльності у сфері поводження з відходами зобов'язані забезпечувати повне збирання, належне зберігання та недопущення знищення і псування відходів, для утилізації яких в Україні існують технології, що відповідають вимогам екологічної безпеки. Однак особливе занепокоєння викликає стан поводження з автомобільними відходами, які утворюються у фізичних осіб (тобто населення), тому що в процесі експлуатації, технічного обслуговування та ремонту транспорту утворюється понад 20 видів відходів, у тому числі 2 і 3 класів небезпеки, а поводження з такими відходами чинним законодавством

поки що не регламентується. В Україні можна виділити наступні пріоритетні напрямки щодо поводження з відходами:

- скорочення утворення відходів і зниження їх класу небезпеки за рахунок упровадження безвідходних технологій;
- оброблення, утилізація, знешкодження відходів.

Зміни у законодавстві полегшують роботу з відходами виробництва і споживання та вдосконалюють її. Що стосується відпрацьованих автомобільних фільтрів то наприклад в Росії, ВАМФ зайняли своє місце в федеральному класифікаційному каталозі відходів, затвердженому наказом Федеральної служби з нагляду в сфері природокористування № 445 від 18.07.2014 року [23], що тягне за собою повну заборону на поховання такого роду відходу на полігонах. Класифікація щодо відпрацьованих фільтрів приведена в таблиці 1.2.

Також забороняється поховання відходів, до складу яких входять корисні компоненти, що підлягають утилізації. У зв'язку з тим, що відпрацьовані фільтри очищення масла автотранспортних засобів є ресурсоцінними відходами, зміни в законодавстві тягнуть за собою розроблення, упровадження та розвиток відповідних технологій їх утилізації.

Таблиця 1.2 – Класифікація відпрацьованих фільтрувальних матеріалів у Росії

9 20 000 00 00 0	Відходи обслуговування і ремонту транспортних засобів
9 21 000 00 00 0	Інші відходи обслуговування і ремонту автомобільного транспорту
9 21 300 00 00 0	Відходи фільтрів автомобільних
9 21 301 01 52 4	фільтри повітряні автотранспортних засобів відпрацьовані
9 21 302 01 52 3	фільтри очищення масла автотранспортних засобів відпрацьовані
9 21 303 01 52 3	фільтри очищення палива автотранспортних засобів відпрацьовані

В Українському законодавстві також відбуваються зміни, які сприятливо впливають на організацію поводження з відходами автомобільного виробництва. Відпрацьовані автомобільні масляні фільтри в Державному класифікаторі відходів ДК 005-96 [24] можна віднести до наступної групи (таблиця 1.3):

Таблиця 1.3 – Класифікація відпрацьованих фільтрувальних матеріалів в Україні

77	Відходи технічного обслуговування та ремонту устаткування, приладів та виробів інших, відходи комунальні та аналогічні неспецифічні промислові інші
7710	Відходи, які сортують і збирають окремо
7710.3.1	Відходи продукції, які утворилися під час її експлуатації (застосування, споживання), які збирають окремо
7730.3.1.05	Матеріали фільтрувальні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені

Слід зазначити, що такі ресурсоцінні відходи як відпрацьовані масла, відпрацьовані автомобільні фільтри вимагають спеціальних складних технологій і обладнання для їх оброблення (перероблення) й утилізації. В Україні немає цілісної нормативно-правової бази щодо поводження з відходами транспортних засобів, немає промислових виробничих потужностей для перероблення цих відходів у обсягах порівнянних з обсягами їх утворення. Відсутня система управління відходами автомобільного транспорту зі збирання і заготівлі відходів як вторинної сировини. Тимчасове зберігання відходів, що утворюються при ремонті й експлуатації автотранспорту, має здійснюватися в спеціально відведених і обладнаних для цього місцях, які погоджені з місцевими органами санітарного й екологічного контролю. При тимчасовому зберіганні відходів повинно бути виключено їх негативний вплив на ґрунт, поверхневі і підземні води, атмосферне повітря й обслуговуючий персонал. Отже, утилізація або перероблення повинно здійснюватися тільки спеціалізованими підприємствами.

1.3 Аналіз масштабів утворення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

При визначенні масштабів утворення і накопичення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів необхідно розглядати з точки зору таких показників, як рівень автомобілізації та чисельність населення, для визначення кількості автомобілів у тій чи іншій країні. Рівень автомобілізації – це показник оснащеності легковими автомобілями населення країни, який розраховується як число індивідуальних легкових автомобілів на 1000 жителів. Розраховується за методикою Міжнародної дорожньої федерації (International Road Federation), заснованої на даних національної статистики та міжнародних організацій. Як джерело інформації виступає база даних «World Road Statistics», яка оновлюється щорічно [7].

Рівень автомобілізації населення вважається одним з важливих показників добробуту населення: чим вищий рівень добробуту людей, тим більша ймовірність придбання ними автомобілів. Підвищення рівня автомобілізації населення призводить до значної зміни громадської інфраструктури, збільшення мобільності людей і поліпшення їх добробуту. До негативних наслідків автомобілізації відносяться забруднення повітря і землі уздовж автомагістралей, шумове забруднення міського та приміського середовища та збільшення числа автомобільних аварій і їх жертв.

Один з основних демографічних показників. Показники чисельності населення країн світу розраховуються на основі статистичних даних, отриманих від національних інститутів і міжнародних організацій, які акумулюються Фондом Організації Об'єднаних Націй в області народонаселення (UNFPA).

Загальна чисельність населення планети постійно збільшується, хоча у різних країнах її динаміка суттєво різниться. Згідно з оцінками UNFPA, сукупне населення планети у жовтні 2011 року становила 7 мільярдів, а якщо сучасна динаміка зростання чисельності і зменшення кількості населення

планети не зазнає значних змін, то межу 8 мільярдів чоловік буде подолано приблизно у 2024 році [8].

Маючи дані чисельності населення і рівня автомобілізації різних країн світу, можемо визначити кількість автомобілів, а потім і кількість відпрацьованих автомобільних фільтрів, що утворюються кожного року. Розглянемо залежність кількості автомобільного транспорту й утворення небезпечних відходів в розрізі світу, Європи, України та міста Полтава, на прикладі відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Розрахункові дані приведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Масштаби утворення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

№ з/п	Масштаб утворення	Кількість жителів (на 2018 рік)	Рівень автомобілізації, шт/1000 осіб	Кількість автомобілів, шт.	Кількість ВАМФ за рік, шт/рік
1	Світ	7 432 663 275	135	1 003 409 542	2 006 819 084
2	Країни Західної Європи:	190 827 090	572	109 153 095	218 306 190
	Австрія	8 219 743	529	4 348 244	8 696 488
	Бельгія	10 438 353	489	5 104 355	10 208 710
	Ліхтенштейн	36 713	750	27 534	55 068
	Люксембург	509 074	665	338 534	677 068
	Монако	30 510	732	22 333	44 666
	Нідерланди	16 730 632	466	7 796 475	15 592 950
	Німеччина	81 305 856	517	42 035 128	84 070 256
	Франція	65 630 692	481	31 568 363	63 136 726
	Швейцарія	7 925 517	521	4 129 194	8 258 388
3	США	325 197 000	423	137 558 331	275 116 662
4	Україна, в т.ч.:	42 414 900	202	8 567 810	17 135 620
	Полтава	292 469	200	58 534	117 068

За даними Управління ДАІ ГУ МВС України у м. Полтава, станом на 01.01.2019 рік, зареєстровано близько 58,5 тис. одиниць легкових

автотранспортних засобів фізичних осіб. Окрім того, у місті постійно перебувають автотранспортні засоби, які зареєстровані в інших містах.

Аналіз умов експлуатації легкових автомобілів фізичних осіб показав наступне: 57 % цих автомобілів більше 15 років, біля 50 % – експлуатується постійними власниками при не щоденному використанні, а решта 50 % автомобілів експлуатується одними власниками кожного дня з середнім пробігом 100 км. Після 5-и років експлуатації автомобілі, як правило, продаються іншим власникам і перебувають в експлуатації ще до 15 років із середньорічним пробігом близько 15 тис. км. Заміна комплекту шин 5-и коліс автомобіля здійснюється, в середньому, 1 раз на 4 роки, заміна акумулятора – 1 раз на 3–4 роки, відпрацьованого автомобільного масляного фільтра – 2 рази на рік. Тому маємо близько 117 068 штук відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів щорічно.

Якщо прийняти середній термін служби автомобіля 20 років, то, за наведеними даними, можна розрахувати, що у м. Полтава щорічно буде зношуватись і вибувати з експлуатації близько 4 тис. легкових автомобілів. Утворюється 4 тис. старих кузовів автомобілів (біля 4 тис. т металу), 100 тис. шт. зношених шин (біля 100 т гуми), 200 тис. шт. відпрацьованих кислотних акумуляторів (біля 160 т), 59 т відпрацьованої оливи, 117 тис. шт. ВАМФ (близько 42 т).

1.4 Світовий досвід поводження з відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами

Першим етапом раціонального поводження з відпрацьованими складовими автомобільного транспорту є збирання цих складових. Для регулювання цього питання запроваджуються різного роду стимули й санкції як для підприємств, так і для громадян, які мають знати як потрібно правильно утилізувати такі відходи.

Нині у світі експлуатується близько 800 млн авто, а за прогнозами спеціалістів до 2035 року їх кількість зросте до 3 млрд штук. За міжнародними нормами допустимий термін експлуатації легкових автомобілів складає 10 років, після чого вони повинні потрапляти на перероблення. Наприклад, у європейських країнах середній вік автомобілів, що знімаються з реєстрації 12–14 років, а тому після закінчення цього терміну необхідно не допустити потрапляння мільйонів тон відходів автотранспорту на звалище, а забезпечити повну його утилізацію. Адже при його виготовленні були використані цінні матеріали: чорні та кольорові метали, пластмаси та гумові вироби, скло та кераміка, дерево та картон, текстильні матеріали тощо. Тому автомобіль, що вийшов з експлуатації може і має стати джерелом вторинних матеріальних ресурсів [32].

Питання авторециклінгу досліджують досить давно і вдало. Найбільш ефективною й бездоганною є система авторециклінгу, створена у Нідерландах. За результатами 2011 року коефіцієнт утилізації автомобілів вже складав 96,2 % – що є самим високим у світі. Головне те, що фінансування цієї системи з кожним роком потребує менше додаткових ресурсів. З покупця беруть утилізаційний податок 45 євро, який входить до вартості нового авто.

Основним завданням утилізації автомобілів є зменшення ресурсів, які витрачаються на виготовлення нової деталі. У цей час коефіцієнт вторинного перероблення у західних країнах в середньому становить близько 80-85% від маси автомобіля, а коефіцієнт утилізації – 95% з урахуванням спалювання органічних відходів з утилізацією утвореної енергії та тепла. Досвід країн Балтії, Польщі, США, Японії й інших висвітлені іноземними спеціалістами Рейнхардом В.А., Кібартаса А., Збичинським І., Віллером С. [33–38].

В Україні на цей час існує так звана «часткова утилізація», а галузь промисловості з утилізації автомобілів лише починає зароджуватися. Організація системи утилізації автотранспортних засобів є актуальною для нашої країни, тому що утилізація не тільки запобігає утворенню звалищ зношених автомобілів, але є також джерелом цінних вторинних ресурсів. Для

впровадження такої системи необхідно враховувати ступінь вторинного перероблення автомобільних матеріалів і розробляти технології отримання вторинної сировини з автотранспортних відходів.

При виборі пріоритетного способу поводження з автомобільними відходами слід враховувати можливість повторного використання компонентів, що входять до складу відходів, а також мінімізувати кількість речовин, які не мають подальшого використання. Тобто, при поводженні з автомобільними відходами актуальними є технології рециклінгу. Рециклінг – це надання матеріалам необхідних властивостей, які дозволять використовувати їх повторно [39]. Тому, автомобіль що вийшов з експлуатації, має стати джерелом вторинних ресурсів. Закон про авторециклінг прийнято більш ніж у 50 країнах світу, де вважається, що відповідальність за утилізацію автомобілів повинна бути на підприємствах – виробниках.

Більшість досліджень в галузі поводження з відпрацьованими складовими автотранспорту стосуються вилучення небезпечних складових і ресурсоцінних компонентів. Розглянуті існуючі методи утилізації – авторециклінг та проблеми екологічної безпеки автотранспортного комплексу у наукових працях таких авторів як Вишняков Я.Д., Васляєв М.О., Звонов В.О., Кутеньов В.Ф., Теренченко О.С., Воронцов Ю.М., Гурбанов І.В., Д'яченко І.І., Іщенко О.О., Конкін М.Ю., Внукова Н.В., а також іноземних науковців N. Kanari, J.-L. Pineau, S. Shallari та інших дослідників [40–48].

Основне практичне питання авторециклінгу вирішується у роботі Трофименко К.Ю. [49], а саме – як в умовах великого міста організувати систему поводження з відходами так, щоб домогтися найбільш раціонального використання ресурсів, що містяться у відпрацьованих автотранспортних засобах (ВАТЗ) і інших автотранспортних відходах (АТВ). Головною метою було підійти до вирішення зазначеного питання з точки зору методів та інструментів логістики. Автор вважає, що необхідно вдосконалювати процеси управління системою шляхом введення: програмно-цільового планування та законодавчих вимог до технологій, що використовуються на всіх етапах

утилізації ВАТЗ (сертифікація та ліцензування); квотування повторного використання матеріалів ВАТЗ; передачі контрольно-наглядових функцій й інших повноважень з управління процесами поводження з ВАТЗ одному представницькому органу.

Впровадження концепції утилізації ВАТЗ дасть можливість переробити їх, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу і здоров'ю людей. В результаті експлуатації, а також фізичних і хімічних процесів, що відбуваються при експлуатації автомобіля, його вузли та механізми поступово зношуються, технічний стан погіршується, і як наслідок, збільшується кількість шкідливих викидів в атмосферу. Деякі його частини такі як акумулятори, шини, фільтри мають значно менший термін експлуатації, по закінченню якого вони стають небезпечними відходами. Від того на скільки правильно та своєчасно відбувається заміна цих елементів залежить працездатність автомобіля. Особливо важливим питанням є шкідливий вплив на навколишнє середовище внаслідок виділення небезпечних забруднювальних речовин.

Значною мірою ступінь небезпеки таких елементів залежить від можливості потрапляння їх в навколишнє середовище. Особлива увага приділяється вивченню способів утилізації акумуляторів, зношених шин та відпрацьованих масел. Технологічні схеми та методи знешкодження небезпечних сірчаноокислих відходів акумуляторних батарей відображені у багатьох працях Бесера А.Д., Сорокіної В.С., Погосяна О.О. [50], Штойка С.Г. [51], Морачевский А.Г. [52], Солдатенко В.О. [53], Башевої Т.С. та інших авторів [54].

Перспективні методи переробки й утилізації зношених шин розглянуті та досліджені Чернишовим Д.О. [55], Клімішеною М.Т. [56], Петрук В.Г., Прокопенко В.О., Турчик П.М. [57], Казанцевим Т.В. [58], Валуєвим Д.В. [59], Чич С.К. [60], Павловим Г.І., Кочергіним О.В., Ситниковим О.Р. [61], а також нашими співвітчизниками Пляцуком Л.Д., Гурець Л.Л., Будьонним О.П. [62], Крещенецьким В.Л. [63] та багатьма іншими науковцями.

Проблеми екологічної безпеки використання різноманітних типів масел стали невід'ємною складовою утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів (ВММ), які на сьогодні є найбільш розповсюдженими техногенними відходами, що негативно впливають на всі складові навколишнього середовища – атмосферу, воду, ґрунт.

Тому одним з найважливіших моментів у забезпеченні безпеки екосистеми в умовах техногенного навантаження є недопущення потрапляння ВММ до навколишнього середовища. Це питання розглядалось у роботах багатьох вітчизняних і іноземних дослідників. Серед них слід відзначити наступних: Другов Ю.С., Родін О.О. [64] – екологічні аналізи при розливах нафти та нафтопродуктів, Євдокімов О.Ю., Фукс І.Г., Любінін І.А. [65] приділили увагу екологічним проблемам, пов'язаним з виробництвом і використанням мастильних матеріалів. Бергюрген Р., Хааке Р., Мельникова Н.В., Петросова М.Р., Юзефович В.І., Стемфель Е.М. [66] Григоров О.Б. [67], Горбунов Н.І. [68], Ледовських В.М. [69], Мальваний М.С. [70] – розроблення і впровадження нових ресурсозберігаючих технологій регенерації й утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів.

Окремо необхідно виділити конструктивні рішення у питаннях видалення, збору і транспортування відпрацьованих масел. Розроблення інструментів, апаратів, контейнерів, способів, систем і пристроїв які підтвердженні патентами на винахід належать наступним світовим науковцям: Bart W. Ewald [71], George H. Lutz [72], Bobby Knoll [73], David Krepps [74] – запропонували пристрій для відпрацьованого масла, апарат для вилучення відпрацьованого масла, інструмент і воронку для зливу відпрацьованого масла з автомобільного фільтра.

Конструкції дренажної платформи для зливу залишкового масла, коробки-осушувача масляних фільтрів, контейнера для відстоювання, зливу та подальшої утилізації залишкового масла з відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів розробили R. Devine [75], J.R. Maguire [76], G. Sage [77], Ch. Brittain, G.B. Ross [78], D.A. Bods [79]. Спосіб вилучення залишкового

масла з відпрацьованих фільтрів у герметичній камері за допомогою водяної пари запропонували Д.І. Саїнов, Р.В. Мелікова, О.В. Андріанов та ін. [80].

Винахід Н.Д. McRae забезпечує вилучення та регенерацію відпрацьованих масел, представляє собою систему обробки масляних фільтрів, а також матеріалів, забруднених нафтопродуктами [81]. Т. Mori, S. Morimoto, K. Eguchi запропонували цілий комплекс способів й обладнання з рециклінгу непридатних до експлуатації АТЗ та їх складових [82].

Що стосується утилізації безпосередньо відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, необхідно відзначити винаходи К.В. Schmidt [83], І. Bogacka, S. Lewandowski, В. Szczytowski [84] – способи й системи для утилізації відпрацьованих масляних і паливних фільтрів. К.В. Schmidt пропонує подрібнювати, а потім зпалювати ВАМФ, І. Bogacka, S. Lewandowski, В. Szczytowski – після розрізання занурювати в розчинник. Спосіб, запропонований Ю.І. Бабенко та В.І. Власовим включає зажим за допомогою затискного пристрою корпусу масляного фільтра, розрізання корпусу на кожух й основу, відділення одного від іншого, а також відділення від них внутрішніх елементів масляного фільтра. При цьому відділення кожуха від його основи здійснюють за допомогою постійного магніту, а відділення внутрішніх елементів масляного фільтра від кожуха і основи – за рахунок дії сили тяжіння [85].

Наступний винахід Wen-Cheng Houg відноситься до системи утилізації, а саме рециклінгу масляного фільтра, в якому всі його частини можна розділити, обробити та використати повторно, відповідно, таким чином досягаючи мети збереження ресурсів, і тим самим запобігаючи забрудненню навколишнього середовища [86].

Запропонований Бутовським М.Е. пристрій використовується для розрізання автомобільних масляних фільтрів різного діаметру з подальшою їх утилізацією. Металева оболонка є вторинною сировиною та відправляється на переплавку. Фільтруючі елементи спалюються у котельні [87]. Наступна конструкція пристрою для роздільного збору відпрацьованих масляних

фільтрів, що розроблена Комаровим Я В., Пуховим Є.В., Горбатенко Д.О. та Дроздом А.В., дозволяє забезпечити можливість сортування фільтрів по типорозмірам для здійснення подальшої утилізації, проте не вирішує завдання відділення масла від відпрацьованих масляних фільтрів, що в значній мірі ускладнює процедуру їх утилізації [88].

Більш досконалим можна назвати технологію рециклінгу масляних фільтрів, який розробив Г.А. Колтунов, виконана закаткою корпусу на кришку, що включає розрізання корпусу масляного фільтра, відділення кришки від корпусу, відділення відпрацьованих деталей масляного фільтра, які далі сортують за придатністю для їх використання за призначенням, потім передають на обробку з механічною і/або гідравлічною на них дією, контроль технічних параметрів з подальшою передачею придатних деталей на збирання нових масляних фільтрів, а непридатних – на подальше сортування й утилізацію [89].

У результаті експлуатації автомобілів виникає велика кількість відпрацьованих матеріалів, де фільтри для очищення масла є відходами, які забруднені нафтовими та продуктами зносу двигуна (відпрацьовані промаслені фільтри). Небезпечними елементами є: забруднений папір, відпрацьоване масло, механічні домішки. Одним з найважливіших моментів в забезпеченні безпеки екосистем в умовах протікання природних процесів є недопущення їх забруднення особливо небезпечними речовинами.

Проведений огляд сучасного стану вирішення проблем впливу відходів автотранспортного комплексу демонструє високий рівень вивченості різних аспектів як окремих наукових напрямків. Подальших досліджень потребує питання утилізації особливо небезпечної складової відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів – забрудненого паперу, який одночасно несе у собі загрозу довкіллю та містить ресурсоцінні компоненти, які можливо виділити для використання.

1.5 Деталізація існуючих методів утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Переробкою масляних фільтрів у європейських країнах займається невелика кількість підприємств, які у своїй більшості поєднують утилізацію фільтрів зі здійсненням процесів регенерації відпрацьованих масел, отриманням енергії від спалювання та переробкою інших небезпечних відходів.

Проблематичність переробки масляних фільтрів полягає у складності їх морфологічного та хімічного складу і тому для ефективної утилізації необхідно розділяти фільтр на окремі фракції.

Серед методів утилізації масляних фільтрів, які використовуються у різних країнах, можна виділити найголовніші: віджимання масла з фільтру, спалювання фільтру, дроблення фільтру з розділенням на фракції, поетапне розділення фільтру на компоненти з подальшою їх утилізацією [90–97].

Широкого застосування набув метод подрібнення фільтру з подальшим вилученням компонентів. Перевагами його є автоматизований процес і висока потужність. Та відповідно до цього головним недоліком є необхідність значних енергозатрат. А також при подрібненні масляного фільтра виділяється тепло, що призводить до випаровування масла, та в свою чергу погіршує стан навколишнього середовища.

Металічний скрап, отриманий у результаті переробки фільтрів, містить значну кількість масла, що ускладнює його продаж для подальшої переробки. Для багатьох підприємств це стає причиною зменшення рентабельності виробництва. Деякі підприємства для сепарації масла використовують спеціальні преси, за допомогою яких обробляється скрап з високим вмістом масла. Очистка масла може здійснюватися промиванням спеціальними мийними розчинами. А також очищення можна здійснювати гарячою водою, яка має кращі зв'язуючі властивості за рахунок температури, так як щільність нафтових фракцій менше води, а після її охолодження їх можна збирати з

поверхні, воду направляти на повторне використання, при цьому використовуючи масло як паливо для її підігріву. Промивання від масел не може бути застосовано на малих підприємствах, що пояснюється необхідністю очищення стічних вод, які утворюються в процесі промивання, однак на великих підприємствах перероблення масляних фільтрів є прибутковим бізнесом, що забезпечує високий дохід за рахунок продажу високоякісного скрапа металів і великої кількості відсепарованих відпрацьованих масел.

Залишки металу при правильній обробці з переплавною можуть бути використані для виготовлення інших виробів. Так, собівартість перероблення металобрухту нижче отримання металу з первинної сировини (руди), що позначається на собівартості інших виробів. Зберігаючи ресурси, тим самим зменшуються викиди небезпечних речовин у навколишнє середовище.

Утилізація фільтрів шляхом попереднього їх розділення на компоненти, тобто розрізання корпусу фільтра та відділення металевих деталей від неметалевих зі збором відпрацьованого масла має вагомі переваги серед інших способів. Такий спосіб дозволяє застосовувати непошкоджені та придатні металеві деталі для повторного використання, а також сортувати окремо метал, гуму, папір, масло й інші компоненти фільтру для подальшого раціонального поводження з ними. Недоліками цього методу є необхідність використання робочої сили та менша продуктивність виробництва порівняно з методом дроблення фільтру.

Технологічний процес утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів повинен бути спрямований не тільки на знешкодження такого виду небезпечного відходу, а на отриманні товарної продукції у вигляді вторинної сировини для інших технологічних процесів. Такий підхід до вирішення цієї проблеми дозволяє вирішувати важливі екологічні та соціальні завдання.

Більшість розвинених європейських держав намагаються захистити навколишнє середовище та досить ефективно впроваджує сучасні технології переробки та утилізації відходів для забезпечення екологічного благополуччя,

охорони довкілля та ресурсозбереження, а деякі з них, навіть, припинили або найближчим часом планують повністю припинити захоронення відходів на полігонах. Таким чином, європейська та світова практика у сфері поводження з відходами ставить за мету запобігання та зменшення виробництва відходів й їх шкідливого впливу, що, в свою чергу, досягається шляхом вторинного використання відходів за допомогою переробки, повторного використання, розробки належних технологій кінцевої утилізації небезпечних речовин, використання їх як джерела енергії.

Першим етапом раціонального поводження з відпрацьованими масляними фільтрами є його збір. Для урегулювання цього питання у країнах запроваджуються різного роду санкції та стимули як для підприємств так і для громадян, які мають знати як потрібно правильно утилізувати відпрацьовані фільтри. Політика багатьох країн світу спрямована на раціональне поводження з відходами задля зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та заощадження природних ресурсів.

Технології процесів утилізації масляних фільтрів, які використовують корпораціями різних країн світу, мають певні технологічні відмінності, що залежать від обсягів виробництва, від технічних й економічних можливостей підприємств, від нормативно-правової бази держав, на території яких здійснюється їх діяльність. Нижче наведено приклади способів утилізації масляних фільтрів, впроваджені у різних країнах світу. Будь-який процес утилізації масляного фільтра базується на видаленні та зборі масла. При заміні фільтра масло з нього необхідно зливати гарячим, тобто відразу після зупинки роботи двигуна, завдяки чому в ньому залишається менша кількість масла.

Існує спосіб переробки масляних фільтрів і пристрій для його реалізації, який включає в себе наступні етапи [90]:

- 1) подрібнення фільтра на більш дрібні металеві та неметалеві частини;
- 2) відділення масла від металевих і неметалевих частин;

- 3) відділення металевих від неметалевих частин за допомогою пристроїв, що використовують магнітне та гравітаційне поля, без спалювання, дренаж масла;
- 4) пресування відокремлених неметалевих частин; відновлення масла, металевих частин і пресованих неметалевих частин.

Пристрій, що реалізує даний метод, містить, по-перше, засіб, призначений для подрібнення використаних масляних фільтрів, до складу яких входять металеві та неметалеві елементи, а також масло, на більш дрібні металеві та неметалеві частини, і для відділення принаймні частини наявного в фільтрі масла. По-друге, засіб для відділення масла від металевих і неметалевих частин, по-третє, засіб для відділення металевих частин від неметалічних без спалювання за допомогою використання магніту та сили тяжіння, по-четверте, засіб для дренажу масла на розділених металевих і неметалевих частинах, по-п'яте, засіб для роздільного відновлення масла, металевих частин і неметалевих частин, і, по-шосте, засіб для отримання масла з відокремлених неметалевих частин.

Таким чином масляний фільтр спочатку подрібнюється (одночасно металеві та неметалеві частини), потім ці частини фільтра надходять на транспортер, де металеві елементи до потрібного моменту часу утримуються за допомогою магніту, після чого вони потрапляють у відповідну ємність, а неметалеві частини у певний момент руху транспортера під дією сили тяжіння падають з нього також у відповідну ємність.

Однак описаний вище підхід до вирішення завдання переробки масляних фільтрів має певні недоліки, а саме розрізання масляного фільтра на більш дрібні частини без попереднього поділу на металевий кожух, підстава корпусу та внутрішні елементи (фільтруючий елемент) вимагає значних енергозатрат, також при розрізанні масляного фільтра виділяється велика кількість тепла, що призводить до суттєвого випаровування масла. Більш того ефективність запропонованого способу подрібнення металевих і неметалевих частин фільтра досить низька за рахунок труднощів відділення паперу від

внутрішніх елементів фільтра, виконаних з металу, до яких цей папір дуже щільно прилягає.

Кращий ефект видалення масла з фільтра можна досягти завдяки пресу. Прикладом цього є установки Filter Matic.

Процес є повністю автоматизованим:

- 1) фільтр подається до установки кришкою вперед через спеціальний отвір;
- 2) всередині установки фільтр автоматично фіксується таким чином, щоб кришка фільтра залишалася поза зоною стиску;
- 3) в горизонтальному положенні фільтр стискається вздовж осі, при чому від нього відділяється кришка;
- 4) таким чином віджятий корпус фільтра з усіма його внутрішніми складовими потрапляє в один контейнер, відрізана кришка фільтра, яка виготовлена з більш товстого металу, потрапляє в другий контейнер, а віджате масло – в третій.

Інший більш поширений метод віджимання масла з фільтра [91] полягає у поперечному стисканні. Фільтр встановлюють кришкою вниз, під дією десяти тон пневматичного тиску стискають перпендикулярно до його осі. Під дією пресу з фільтра видаляється відпрацьоване масло в контейнер, що знаходиться під пресом. Розмір фільтра зменшується до 25% від початкового розміру, і видаляється до 95% масла. Папір та гума, що залишається у віджатому фільтрі, спалюється в якості домішок у сталеплавильній печі. Прикладом є установка «Ranger RP-20FC oilfiltercrusher», яку пропонує корпорація «Bend Pak, Inc» в США штат Каліфорнія.

У Німеччині компанія «MeWa Recycling Anlagen» випускає установки для переробки різних видів відходів: шин, біомаси, холодильників, кабелів і масляних фільтрів. В основі процесу утилізації масляних фільтрів лежить розділення його на ресурсоцінні компоненти. Фільтр подрібнюють до розмірів частин 25 мм. Далі суміш матеріалів, а саме залізо, алюміній, папір, гума і масло, подаються до центрифуги. Масло стікає в резервуар, матеріал залишається практично сухий. Потім поділ здійснюється згідно магнітних і

немагнітних фракцій. В сепараторі відокремлюється алюміній. В результаті залишається менше 2% масла на всіх фракціях.

Отримані компоненти фільтра направляють на подальше перетворення. Металева частина передається металургійним заводам. Масло очищується для повторного використання. А паперова частина разом із гумою та невеликими залишками масла на них використовують як джерело теплової енергії.

Подібний до німецької технології запропоновано спосіб переробки масляних фільтрів і пристрій для його реалізації, який запатентований в США [96]. Цей спосіб включає в себе наступні етапи: подрібнення фільтра на більш дрібні металеві та неметалеві частини; відділення масла від металевих і неметалевих частин; відділення металевих від неметалічних частин за допомогою пристроїв, що використовують магнітне та гравітаційне поля, без спалювання, дренаж масла; пресування відокремлених неметалічних частин; та відновлення масла, металевих частин і пресованих неметалічних частин.

У Канаді утилізацією масляних фільтрів займається корпорація C.L.E.A.N. (Closed Loop Environmental Alliance Network Inc.) [97]. Процес утилізації, як правило, включає наступні етапи:

- збір і транспортування фільтрів у герметичній тарі до технологічного комплексу;
- первинний злив і збір відпрацьованого масла;
- подрібнення фільтруючих оболонок, звільнення паперу;
- відділення металу та паперу ;
- віджимання масла з фільтрувального паперу ;
- збір і продаж відпрацьованого масла нафтопереробним заводам;
- збір і продаж віджатого фільтрувального паперу, з метою використання в якості палива
- збір і продаж сталі до ливарного технологічного комплексу.

Існує також метод розділення масляного фільтра на складові частини, які запатентований в Росії [98]. Для цього створена установка, що включає затискач за допомогою затискного пристрою корпусу масляного фільтра,

розрізання корпусу масляного фільтра, відділення одного від іншого, а також відділення кожуха від внутрішніх елементів масляного фільтра. Відділення кожуха масляного фільтра від його основи здійснюють за допомогою постійного магніту, а відділення внутрішніх елементів масляного фільтра від кожуха здійснюють за рахунок дії сили тяжіння. При цьому відділення кожуха масляного фільтра від його основи здійснюють при обертанні назустріч один одному барабанів, на одному з яких встановлені затискні пристрої з закріпленими в них масляними фільтрами, а на іншому - постійні магніти, внутрішні елементи масляного фільтра сортують з використанням методу грохочення. Таким чином, відбувається механічне розділення металічної частини, яку можна відправити на переплавку з подальшим використанням. Однак наявність нафтових фракцій знижує якість вторинної сировини, тому необхідно очищення металу.

Варто зазначити, що одним з можливих варіантів утилізації відходів є використання замкнутого циклу виробництва. Для вирішення цього завдання необхідне стимулювання промислових підприємств задля впровадження відповідних технологій використання відходів у своєму технологічному процесі. Таким чином, у сучасних умовах перероблення відходів на спеціалізованих підприємствах вважається найбільш перспективним, логічним та доступним способом утилізації відходів. Після проведеного аналізу загальна інформація по методам утилізації представлена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Методи утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

1.6 Особливості поводження з відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами в Україні

В Україні нині діє так би мовити «часткова утилізація», особливо це стосується відпрацьованих масляних автомобільних фільтрів. У зв'язку з тим, що вони відносяться до 3 класу небезпечних відходів, що унеможлиблює їх захоронення на полігонах ТПВ, а потребує спеціальної системи збору, транспортування та утилізації. Кожне промислове підприємство повинне розробити інструкцію та план заходів щодо збирання та тимчасового

розміщення (зберігання) промислових відходів на промислових майданчиках відповідно I, II та III класів небезпеки. Накопичені відходи збирають у тару, призначену для кожного класу з дотриманням правил безпеки, а потім доставляють для тимчасового зберігання на промисловий майданчик (цех, ділянка, склад) і залишають на відведеному місці для подальшого перевезення на об'єкти утилізації, місця знешкодження або захоронення [99].

Таким чином підприємства, які займаються збором, транспортуванням й утилізацією небезпечних відходів автотранспорту повинні мати ліцензію на операції у сфері поводження з небезпечними відходами. У нашій країні існують підприємства, які беруть на себе утилізацію відпрацьованих автомобільних фільтрів. Але все зводиться до збору, транспортуванню та спалюванню без вилучення ресурсоцінних елементів.

Основними місцями утворення відпрацьованих масляних фільтрів є станції технічного обслуговування автотранспорту, а також підприємства, які експлуатують автомобілі. За обсягами утворення та розміщенням відпрацьованих фільтрів на підприємствах можна прослідкувати, оскільки такі дані фіксуються у дозволах на утворення та розміщення відходів. І відповідно до цього власники відходів сплачують за їх утворення. Однак нерідко власники автомобілів замінюють масляний фільтр власноруч, викидаючи використаний фільтр разом з відпрацьованим маслом на смітник або у гіршому випадку на неорганізовані звалища та у посадки. Проконтролювати дії фізичних осіб дуже складно, і відповідно їх злочинні дії не несуть покарання. Вирішенням цієї проблеми може стати стимулювання належного поводження з відпрацьованими небезпечними відходами, або створення доступних умов збирання для пересічних громадян. Створення спеціалізованих контейнерів поблизу гаражних кооперативів, автостоянок з естакадами чи інших місцях, де здійснюється заміна фільтра, могла б допомогти у вирішенні проблеми збирання цього відходу.

Згідно з вимогами природоохоронного законодавства первинне збирання таких відходів повинно здійснюватися роздільно від інших у

спеціально призначені контейнери з обов'язковою утилізацією. Контейнер зі збирання фільтрів може знаходитися як в ремонтній зоні, так і на зовнішньому, спеціально обладнаному майданчику. Місце, де встановлений контейнер, повинно мати тверде рівне покриття та позначено спеціальною наклейкою. У разі, коли контейнер знаходиться на вулиці, місце для збирання відходів повинно бути обладнане навісом [100].

Стосовно методів використання відпрацьованих масляних фільтрів, то загальна схема складається з таких напрямів поводження з ними, як вторинним ресурсом:

- відмова від використання матеріалів, без яких можна обійтись при виробництві фільтрів або замінити їх на матеріали, які можна повторно використовувати;
- повторне застосування матеріалів як вторинних ресурсів;
- перероблення вторинних ресурсів для виробництва інших продуктів;
- безпечне спалювання вторинних ресурсів з метою виробництва енергії;
- захоронення відходів, які не можна повторно використати будь-яким шляхом.

Одним із відомих виробників масляних автомобільних фільтрів в Україні на даний час є підприємство ПАТ "НДІ КОЛАН" (м.Полтава), яке випускає суперфільтри очищення масла, ним отримано Державну Ліцензію Міністерства екології та природних ресурсів України на операції у сфері поводження з небезпечними відходами у вигляді відпрацьованих фільтрів, для яких передбачено операції: збирання, перевезення, зберігання, оброблення та утилізація. Підприємством розроблено технологічну лінію рециклінгу відпрацьованих масляних автомобільних фільтрів (рисунок 1.3).

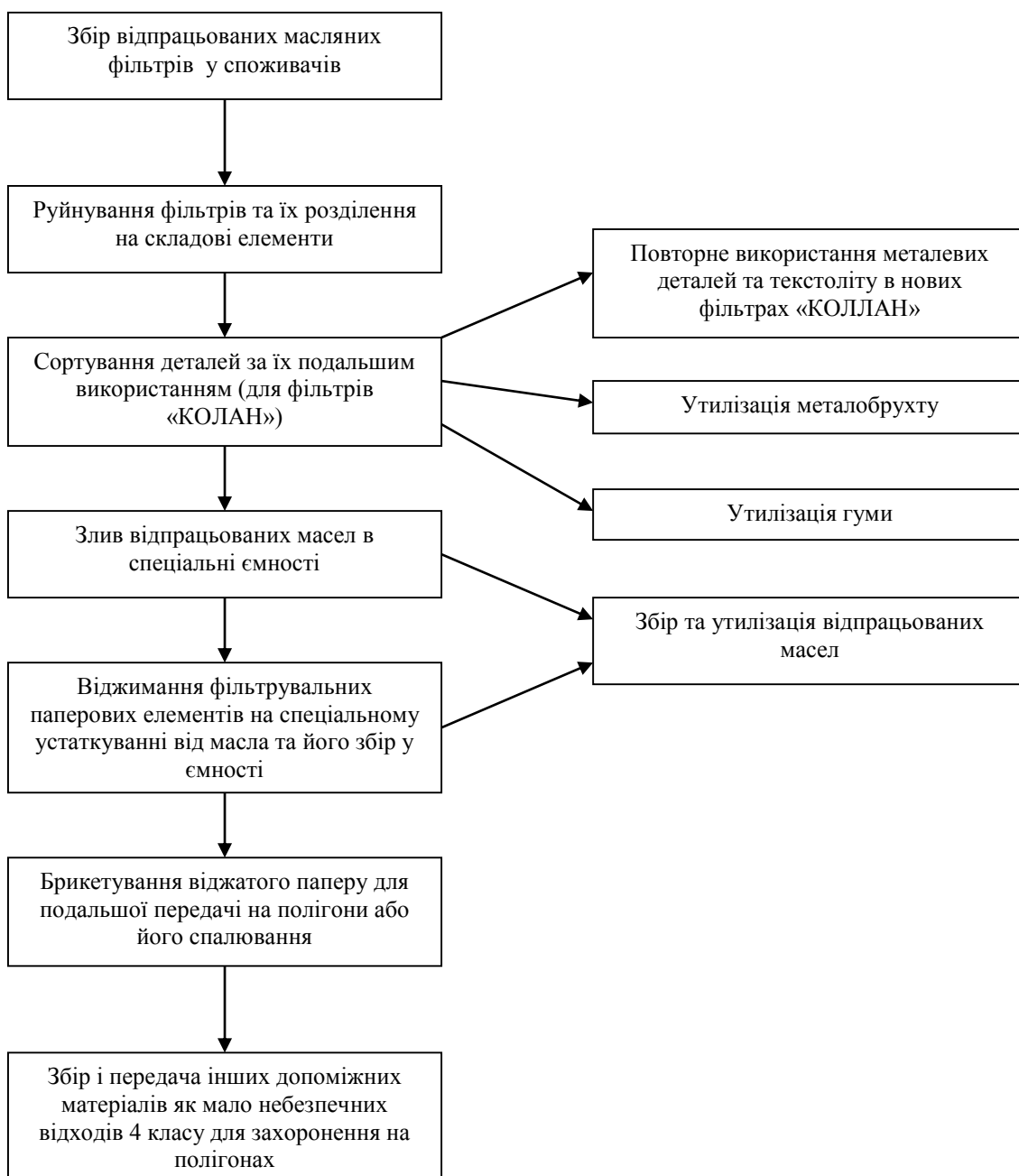


Рисунок 1.3 – Технологічна лінія рециклінгу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів має ряд переваг.

1. Максимальне використання ресурсу матеріального об'єкта, що підлягає вторинній переробці.
2. Зменшення навантаження на навколишнє природне середовище.

3. Мінімізація забруднюючого впливу людської діяльності на стан навколишнього природного середовища, запобігання поширенню сміттєзвалищ.
4. Збереження енергії, природних ресурсів.
5. Підвищення рівня споживчої культури, формування екологічної правосвідомості.

Метою є створення вітчизняної ресурсозберігаючої технології рециклінгу відпрацьованих масляних фільтрів з можливістю повторного використання металевих деталей та забезпечення суттєвого екологічного ефекту, направленою на зменшення об'ємів токсичних відходів, що потрапляють у навколишнє природне середовище і є активними забруднювачами довкілля.

В основу ресурсозберігаючого рішення покладена технологічна лінія, яка складається з наступних стадій:

- 1) руйнування відпрацьованого фільтру й розділення його на складові елементи;
- 2) злив відпрацьованого масла з корпусу фільтра та збір масла у спеціальні ємності;
- 3) обезжирення металевих деталей повторного використання;
- 4) передача на утилізацію відходів, що не підлягають повторному використанню на підприємстві (відпрацьовані масла, окремі металеві елементи);
- 5) віджимання фільтрувальних паперових елементів на спеціальному устаткуванні від масла та його злив у ємності;
- б) збір промасленого фільтрувального паперу для отримання теплової енергії в процесі їх спалювання.

Загальні технічно-організаційні характеристики технології.

Запланований рівень продуктивності технології рециклінгу відпрацьованих масляних фільтрів «КОЛАН»: мінімальний – 1000 шт. на добу

або 251 тис. шт. фільтрів за рік; максимальний – 3000 шт. на добу або 753 тис. шт. фільтрів у рік (із розрахунку 251 робочий день на рік).

Для забезпечення роботи лінії рециклінгу при максимальному рівні продуктивності заплановано 14 чоловік обслуговуючого персоналу, при мінімальному – 5 чоловік.

Розрізані корпуси фільтрів попередньо пресують для зменшення об'єму, брухт чорних металів збирають та тимчасово зберігають на спеціально відведеному майданчику для подальшої передачі на утилізацію.

Металеві деталі придатні для повторного використання збирають та проходять знежирення на спеціальному обладнанні. У якості розчинника використовують перхлоретилен, який є негорючим розчинником, має високу стабільність і легкість у використанні. Після знежирення деталі промивають у воді і висушуються в термічній шафі. Потім сортують за видами деталей, проходять візуальний контроль і подають на лінію збирання нових фільтрів.

Загальна вага металевих деталей одного фільтра, що повторно використовують складає близько 0,185 кг, а середня вага металевих деталей одного фільтра, що направляють на утилізацію – 0,2 кг.

Масла моторні відпрацьовані збирають у спеціальні герметичні ємності для подальшої передачі на регенерацію. Матеріали та вироби гумові відпрацьовані збирають в окремі контейнери для передачі на утилізацію.

Матеріали фільтрувальні промаслені та картон збирають в окремі контейнери для подальшого спалювання на підприємстві. Промаслений фільтрувальний папір утворюється в процесі утилізації фільтрів під час руйнування фільтрувального елемента, тобто після відділення штори від кришок та каркасу. Потім віджимають масло з промасленого паперу і збирають у спеціальні контейнери.

Таким чином переважна маса відпрацьованих масляних фільтрів підлягає повторному використанню (метал, текстоліт) та утилізації (метал, гума, масло), які становлять більше 90 % ваги фільтра. До 10 % компонентів підлягають спалюванню (папір, полізон, картон та інші допоміжні матеріали),

що супроводжується виділенням великої кількості шкідливих речовин, та потребує системи очищення викидів.

Технологія виробництва та утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів «КОЛАН» розглянута Громадською Екологічною Радою Полтавщини на засіданні 16.02.2011 року та визнана як одна з найкращих екологобезпечних та ресурсоцізберігаючих технологій 2011 року Полтавщини, яка націлена на покращення стану довкілля Полтавської області, та була рекомендована для участі у ХІХ міжнародній виставці-ярмарку «Екологія 2011» (Київ, квітень 2011 року).

Технологія впроваджена і використовується протягом 9 років у м. Полтава на території ПАТ «НДІ КОЛАН» на ділянці нової технології площею 380 м², на другому поверсі експериментального корпусу підприємства, який відповідає усім вимогам виробничої і протипожежної безпеки та гігієнічним вимогам щодо умов праці.

Отже, запатентований вітчизняний метод утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів відрізняється від існуючих технологій, оскільки в цьому випадку використовується замкнений цикл виробництва фільтрів. Використання деталей відпрацьованих фільтрів для виробництва дає змогу зменшити собівартість нових фільтрів.

1.7 Екологічні наслідки потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля

Нині важливим питанням є проблема накопичення відходів на поверхні землі, а також забруднення навколишнього середовища, що виникає при їх зберіганні та складуванні. Інтенсивне зростання транспорту в Україні призвело до накопичення небезпечних відходів, зокрема відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Не менш важливою причиною для раціонального поводження з відпрацьованими фільтрами є те, що вони містять ресурсоцінні компоненти, які варто використовувати як вторинну сировину. У

сучасних умовах Україна все ще посідає одне з перших місць у світі за рівнем споживання енергії, води, корисних копалин та інших ресурсів на одиницю ВВП, а обсяги промислових відходів на душу населення перевищують аналогічні показники інших країн.

Основними місцями утворення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів є станції технічного обслуговування автотранспорту, а також підприємства, які експлуатують автомобілі. Однак, нерідко власники автомобілів замінюють масляний фільтр власноруч, викидаючи використаний фільтр разом з відпрацьованим маслом на смітник. Тому значна частина їх потрапляє на полігони твердих побутових відходів, несанкціоновані звалища у лісосмугах, території за приватними гаражними кооперативами і т.і. У результаті в навколишнє середовище надходить велика кількість відпрацьованого масла.

Відпрацьовані мастильні матеріали – це складні багатокomпонентні системи, які утворюються у процесі експлуатації автотранспорту. До їх складу входять: основа мастильного матеріалу та присадки, продукти розкладу базових компонентів масла та присадок, а також сторонні домішки. У відпрацьованому моторному маслі ідентифіковано більше 140 видів канцерогенних поліциклічних вуглеводнів. Кількість цих сполук збільшується зі збільшенням терміну експлуатації масла [101].

Тому основним досліджуваним компонентом виділено нафтопродукти – суміші вуглеводнів, їх похідних, а також інших хімічних речовин і добавок, що отримуються у результаті перегонки нафти.

У разі потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля, при неналежній їх утилізації, відбувається витік масла у ґрунт, а також випаровування летких вуглеводнів, що входять до його складу. Це призводить до забруднення території, яка потрапила під дію таких небезпечних відходів, атмосферне повітря, поверхневі та підземні води. Найскладніше відновлюється забруднений ґрунт, оскільки він здатен акумулювати та закріплювати шкідливі й токсичні речовини, його природне

відновлення – це дуже повільний процес. При високому рівні забруднення відбувається практично повна відсутність функціональної активності флори і фауни, зниження самоочисної здатності ґрунту.

Нафтопродукти є одними з найбільш розповсюджених та небезпечних техногенних забруднювачів, що обумовлюється здатністю вуглеводнів утворювати токсичні сполуки. Нафтопродукти значно відрізняються за своїми властивостями – леткістю, в'язкістю, розчинністю у воді, спроможністю всмоктуватися у пористі матеріали (ґрунт).

Забруднення атмосферного повітря нафтопродуктами може відбуватись при аварійних розливах, на нафтопереробних підприємствах, при заповненні та випорожненні резервуарів нафтосховищ, залізничних цистерн і т.і., за рахунок випаровування летких фракцій. Потрапляння нафтопродуктів у водне середовище призводить до пригнічення флори і фауни за рахунок погіршення якості вод. Вуглеводні, які потрапляють у водні об'єкти вступають у взаємодію з екосистемою. Їх небезпека залежить від процесу перерозподілу фракцій, що відбуваються з часом шляхом хімічного і біохімічного окислення, розчинення, випаровування, температури та інших чинників. Ступінь токсичності нафтопродуктів залежить від їх розчинності у воді, а найбільш розчинними є ароматичні вуглеводні й, відповідно, вони є найбільш токсичними.

Окрім згубної токсичної дії на всі організми водного середовища, нафтова плівка порушує газовий і водний обмін, змінює інтенсивність проникнення світла, змішуючись з водою створює емульсії двох типів: «нафта у воді» і «вода у нафті». Утворює в'язкі емульсії, які зберігаються на поверхні, осідають на дно, переносяться течією чи викидаються на берег. У ґрунтах, просочених нафтою, відбувається диспергація структури, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси, розширюється співвідношення між карбоном та нітрогеном, зменшується вміст рухомих форм фосфору та калію. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний та поживний режим, порушується

кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель. Поступове збільшення концентрації нафтопродуктів на поверхні ґрунту сукупно з процесами випаровування та розкладання їх летких фракцій призводить до накопичення вуглеводнів, що важко розкладаються, таких як тверді парафіни, циклічні та ароматичні вуглеводні, смоли й асфальтени, які закупорюють пори ґрунтового покриву [102].

При потраплянні у ґрунт нафтопродукти проникають вглиб від поверхні. Вони всмоктуються ним за рахунок капілярних сил та можуть утримуватися у такому стані тривалий час, повністю позбавляючи ґрунт родючості, перетворюючи його у насичену нафтопродуктами губку. Також можливі перетворення нафти у більш токсичні сполуки, які можуть там адсорбуватися та накопичуватись. Забруднений ґрунт може стати джерелом потрапляння токсикантів до організму людини трофічними ланцюгами: ґрунт – рослина – продукти харчування, ґрунт – ґрунтові води – людина, ґрунт – атмосферне повітря – людина, що збільшує ризик виникнення екологічно обумовлених захворювань [103].

При високому вмісті нафтопродуктів ґрунт може стати повністю водо-, повітронепроникним, а токсичний вплив на пряму пов'язаний з летючими ароматичними вуглеводнями (ксілол, бензол, толуол), що може призвести до втрати родючості [104].

Окрім того, у ґрунтах, забруднених вуглеводнями, відзначається посилене розмноження певних видів мікроорганізмів і пригнічення розвитку інших, що залежить від складу та концентрації забруднювача. Відбувається збільшення чисельності мікроорганізмів, які використовують нафту як джерело енергії, приводячи до мінералізації та до часткового окислення нафти. Однак, інтенсивний ріст мікроорганізмів, які активно засвоюють розчинні сполуки та сильно збіднюють ґрунт сполуками азоту й фосфору, може стати лімітуючим фактором у розвитку рослинних угруповань [105]. Таким чином, в першу чергу варто розглядати екологічні наслідки негативного впливу нафтопродуктів, що містяться у ВАМФ, що потрапили на ґрунт (рисунок 1.4).

Як наслідок, спостерігається деградація і втрата природної родючості ґрунтів, що призводить до значних екологічних й економічних збитків.

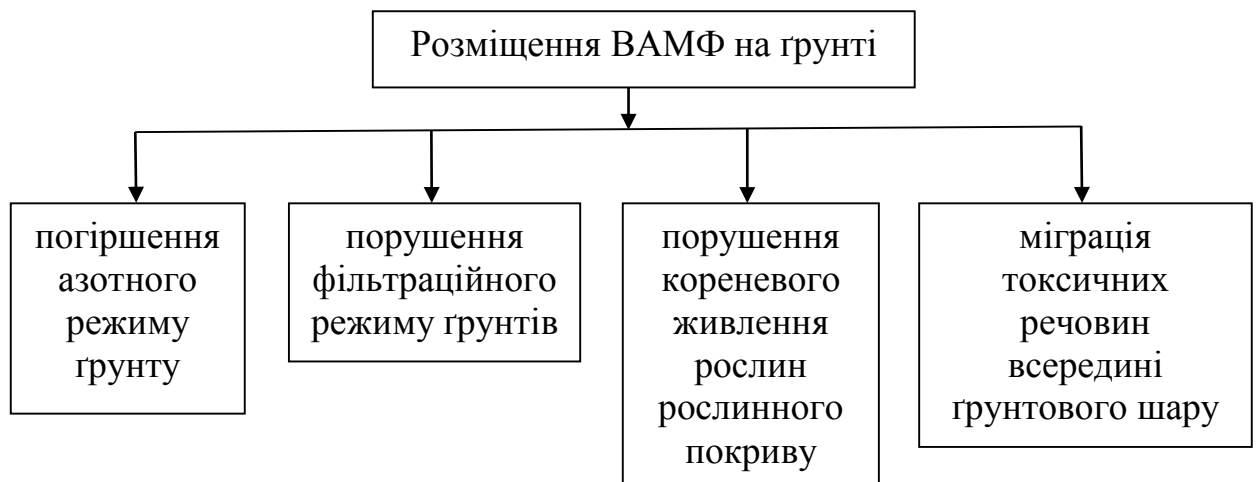


Рисунок 1.4 – Екологічні наслідки негативного впливу ВМФ на ґрунт

1.8 Обґрунтування теми дисертаційної роботи та постановка завдань дослідження

У результаті аналізу теоретичних і практичних досліджень з проблеми утилізації відходів автотранспортного комплексу зроблено висновок щодо необхідності подальшої систематизації та конкретизації 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 єдиної комплексної системи, що спрямована на збереження екосистем, які піддаються техногенному навантаженню.

Існують методи утилізації ВМФ за допомогою механічного віджимання масла з фільтру, а потім його пресування та брикетування; спалювання; подрібнення з розділенням на фракції; поетапне розділення на фракції, але ці методи мають ряд суттєвих недоліків:

- не відповідають екологічним вимогам і призводять до техногенного навантаження на навколишнє середовище;
- частина масла залишається у фільтрі, що ускладнює використання його як металобрухту;
- спалювання супроводжується виділенням важких металів та унеможливорює повторно використовувати сталеві частини для заощадження природніх ресурсів;
- ускладнюються процес відділення паперу від металевих елементів фільтра та випаровування масла при виділенні тепла;
- необхідність використання ручної праці та низька продуктивність процесів рециклінгу та утилізації.

Вказані недоліки визначили необхідність проведення досліджень щодо вилучення відпрацьованого масла з відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів та збільшення ефективності методів їх утилізації. Технологія утилізації ВАМФ повинна включати розбирання фільтра на складові частини, промивання фільтрувального паперу з метою вилучення відпрацьованого автомобільного масла та спалювання з дотриманням екологічних вимог й утилізацією отриманого тепла.

Основною 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.

Відповідно для досягнення зазначеної мети були сформульовані 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.

Результати аналізу теорії та практики з питань проблем утилізації ВАФ, наведеного у цьому розділі, опубліковані у роботах [106–110].

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДИСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна методика досліджень

2.1.1 Методика вибору мийного засобу

Фільтрувальний папір відпрацьованого масляного фільтра – найбільш небезпечний елемент, який містить відпрацьовані масла. Він не може бути повторно використаний чи утилізований відомими методами без суттєвої шкоди довкіллю та не може бути переданий для захоронення на полігони твердих або промислових відходів. У більшості випадків для його утилізації застосовують системи термічного знешкодження у спеціальних печах і установках. Процес термічного знешкодження супроводжується утворенням значної кількості забруднювальних речовин, особливо, сажі, твердих недиференційованих за складом частинок, фенол-формальдегідних з'єднань, летких органічних сполук та інші. Тому, доцільним може стати використання попереднього відділення відпрацьованого масла з фільтрувального паперу, що забезпечить зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Одним з ефективних методів, що дозволить суттєво знизити негативний ефект від спалювання відпрацьованого промасленого забрудненого фільтрувального паперу, може стати його попереднє промивання мийними розчинами. Необхідною умовою використання такого методу є оцінювання ефективності вилучення залишкового відпрацьованого масла, а також використання ефективних і безпечних мийних розчинів у процесі промивання.

Для експериментального дослідження процесів промивання відпрацьованого фільтрувального паперу від залишкового масла були обрані наступні мийні засоби:

- харчова сода та пральний порошок;

- кальцинована сода та перекис водню концентрацією 35%;
- перкарбонат натрію.

У результаті досліджень цього процесу в різних температурних умовах та при різній кількості мийних засобів отримуємо результати, що дадуть змогу визначити, який з них є найбільш ефективним. Критерієм оцінювання ефективності очищення використаємо відношення різниці маси необробленого фільтрувального паперу та його маси після промивання до маси необробленого паперу. Тоді ефективність очищення фільтрувального паперу визначено за формулою

$$E = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% ,$$

де m_1 – маса відпрацьованого фільтрувального паперу до промивання;

m_2 – маса відпрацьованого фільтрувального паперу після промивання.

2.1.2 Методика проведення факторного аналізу процесу промивання фільтрувального паперу

Після ретельного теоретичного вивчення процесу промивання, виникає необхідність отримання експериментальних даних про вплив діючих факторів на ефективність очищення фільтрувального паперу. Для цього проводимо планування експерименту та визначаємо й використовуємо тільки незалежні фактори, тобто змінні величини, які відповідають способам впливу зовнішнього середовища на процес. Фактори повинні бути керовані та однозначні [111, 112]. У нашому випадку, за результатами аналізу факторів, що впливають на ефективність очищення фільтрувального матеріалу ВАМФ було визначено чотири незалежні фактори:

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.

Розпочинаємо з найпростішої математичної моделі лінійного типу, яку можна побудувати після реалізації дослідів повного факторного експерименту, а потім перейдемо до більш складної моделі, з урахуванням впливу декількох факторів одночасно (ефект парної взаємодії).

Будуємо лінійну модель типу: $y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_4 \cdot x_4$,

де y – ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ;

a_0 – коефіцієнт пропорційності, що враховує вплив усіх інших факторів на процес вилучення залишкового вмісту масла;

a_i – коефіцієнт пропорційності при досліджуваному факторі;

x_i – кодове значення досліджуваного фактору.

Для отримання більш повної інформації про досліджувані залежності необхідно скористатися повним факторним експериментом 2^4 та скласти його матрицю. Відповідно з обраним планом необхідно виконати 16 дослідів з повтором кожного 3 рази. Після проведення експериментів необхідно зробити оброблення результатів за такою послідовністю:

- 1) розрахунок дисперсії досліду;
- 2) розрахунок коефіцієнтів регресії;
- 3) перевірка статистичної значущості коефіцієнтів;
- 4) перевірка адекватності моделі;
- 5) аналіз моделі.

2.1.3 Методика спалювання фільтрувального паперу для отримання теплової енергії

Одним з напрямів енергозбереження є перегляд існуючих систем теплопостачання будівель з метою пошуку більш ефективних систем. У результаті рециклінгу ВАМФ утворюється значна кількість промасленого фільтрувального паперу, а тому розроблена схема використання такого

матеріалу як альтернативне паливо для опалення приміщень та підігріву води. Така можливість скорочує об'єми надходження такого виду відходів на звалища та полігони для подальшого їх захоронення, а отже зменшує техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Для цього необхідно проведення досліджень системи очищення газових викидів при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ на відповідність екологічним та економічним вимогам. Дослідження на відповідність екологічним вимогам проводиться за допомогою приладів, що визначають концентрації забруднювальних речовин у димових газах. Визначення концентрацій сажі здійснюється за допомогою гравіметричного методу з використанням аспіратора з фільтр-патроном. Концентрацію сажі розраховуємо за допомогою відношення різниці між фільтром із сажею та чистим фільтром до об'єму пропущеного повітря, приведеного до нормальних умов.

Для визначення температури та складу димових газів застосовано газоаналізатор Testo 350 S з діапазоном вимірювань температури від -40°C (313,15 K) до $+1200^{\circ}\text{C}$ (1473,15 K). Відбирання проб викидів здійснено за допомогою пілозабірної трубки. Температура досліджуваного потоку димових газів при спалюванні паперу сягає 450°C .

Після оцінювання технології спалювання фільтрувального паперу ВАМФ з отриманням теплової енергії на відповідність екологічним вимогам, оцінюємо економічну доцільність подальшого використання системи очищення відпрацьованих газів.

2.1.4 Методика оцінювання впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунт та атмосферне повітря

Для умов Полтавської області необхідно було провести оцінювання впливу відпрацьованих автомобільних масел, при потраплянні у довкілля ВАМФ, на ґрунт та атмосферне повітря. Для цього були обрані ВАМФ різної

конструкції та з різними автомобільними маслами. Першим етапом досліджено склад природного ґрунту на заданій ділянці до забруднення. Досліджувана проба відбиралася у відповідності до вимог ГОСТу 17.4.3.01-83 (Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб) та ГОСТу 17.4.4.02-84 (Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа). Після чого ВАМФ розміщено на обраній ділянці та через певні проміжки часу проведено дослідження забрудненого ґрунту на вміст нафтопродуктів.

Найбільш доступною у нашому випадку є методика вимірювань масової частки нафтопродуктів (неполярних вуглеводнів) гравіметричним методом, який заснований на екстракції нафтопродуктів з проби, очищення екстракту від полярних речовин, видаленні екстрагенту шляхом випарювання та зважуванні залишку. Він використовується, як правило, при аналізі сильно забруднених проб і не може використовуватися при аналізі проб, що містять нафтопродукти на рівні ГДК, оскільки нижня межа діапазону вимірювань становить 0,3 мг / дм при обсязі аналізованої проби 3 – 5 дм³ [113].

Характер розподілу й утримання компонентів нафти залежать від ряду факторів: фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, рельєфу місцевості, кількості та складу нафти, часу впливу на ґрунти. Усе це визначає характер забруднення ґрунтів у конкретній природній зоні. Основними процесами, які визначають міграцію вуглеводнів, є сорбція та водопроникність ґрунту. Швидкість фільтрації нафти у ґрунтах суттєво залежить від зволоженості: у сухих ґрунтах фільтрація відбувається набагато повільніше, ніж у зволжених.

Залежно від ряду факторів, а саме: хімічних і фізичних властивостей забруднювальної речовини, водного режиму та гранулометричного складу ґрунту, рівня та терміну забруднення, вплив вуглеводнів на властивості ґрунту як фізико-хімічної та дисперсної системи значно різниться. Набуті зміни можуть мати сталий характер, можуть зменшуватися з часом, а можуть проявлятися лише у окремі, несприятливі за зволоженням роки. Тому

необхідною умовою є дослідження міграційних властивостей нафтопродуктів у ґрунті.

У останні роки в якості об'єкта моніторингу все частіше використовують сніговий покрив як інтегральний показник забруднення атмосфери на територіях, що характеризуються наявністю стійкого снігового покриву протягом тривалого часу. Сніг виступає в якості природного концентратора поллютантів, що надходять повітряним шляхом. Уміст забруднювальних речовин у ньому на 2–3 рівні вище у порівнянні з атмосферним повітрям, що дозволяє визначати їх концентрацію досить простими методами з високим ступенем достовірності.

До весняного міграційного циклу забруднювальні речовини виявляються законсервованими у сніговому покриві.

У період весняної повені ці речовини надходять у природні середовища, в основному, воду та ґрунт, забруднюючи їх. Отже, хімічний аналіз снігу дозволить передбачити склад майбутніх мігрантів у різних природних об'єктах міських ландшафтів. Сніг як об'єкт моніторингу незамінний при встановленні джерел забруднення, а також при визначенні зони впливу цих забруднень.

У результаті отримаємо:

- 1) масову частку нафтопродуктів у фонових пробах і пробах забрудненого ґрунту з поверхні;
- 2) масову частку нафтопродуктів у горизонтальній площині;
- 3) масову частку нафтопродуктів, що проникли у глиб ґрунту;
- 4) вміст нафтопродуктів у сніговому покриві.

2.2 Експериментальне дослідження впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунт

Обрана ділянка для дослідження відповідає типовим ґрунтам Полтавської області. Відбір проб ґрунту для дослідження його природного складу до забруднення здійснювався у с. Лиман Другий Решетилівського району Полтавської області методом конверта. Ділянку візуально було поділено на квадрати, метр на метр і у шаховому порядку проводився відбір проби ґрунту глибиною до 5 см. Уся відібрана проба була перемішана та знову у шаховому порядку відбиралась менша проба.

Досліджуваний ґрунт належить до *чорноземів* з високою деградацією, оскільки він містить малий уміст органічних речовин (2,03%). Невисокий уміст гумусових речовин (1,83%) зумовлює темно-сіре забарвлення ґрунту. Також у ґрунті більше катіонів кальцію ніж магнію, що призводить до пилуватості ґрунту.

Досить малий уміст органічних речовин (2,03%) корелює з незначною обмінною кислотністю (2,07 мл) ґрунту та з невеликим значенням втрат маси при прожарюванні – 11,19%. Ці значення також корелюють з невисоким значенням гігроскопічної вологості, визначеної термостатичним (3,43%) і гідростатичним (4,09%) методами. Високе значення вологоємності (33,49%), спричинене наявністю глинистих мінералів.

При розтиранні ґрунт добре подрібнюється, не злипається у грудки, що спричинено невеликою присутністю плівкової води навколо частинок. Ґрунт є не дуже ущільненим, оскільки значення питомої густини дорівнює 2,2 г/см³. Як відомо, чим менша питома густина тим менший опір при фільтрації, що підтверджується неодноразовим фільтруванням водної витяжки ґрунту під час експериментів. Реакція середовища водної витяжки є слабо лужною – рН = 8,3. Мінералізація ґрунту – 88,8%, уміст водорозчинних солей – 256,2 мл/л. Уміст водорозчинних солей у ґрунті невеликий, відповідно ґрунт, що досліджувався, є слабо засоленим. Ця властивість є позитивною для сільського господарства,

тому що підвищена кислотність та засоленість ґрунтів є показниками – дестимуляторами.

Після прожарювання мінеральна частина ґрунту мала цегляний колір, що свідчить про уміст оксиду заліза (III). Уміст кристалізаційної води у ґрунті (5,62%) впливає на помірну вологовіддачу.

Для експерименту була підготовлена ділянка 1,86м². Шар рослинності знятий, але коріння залишалось з метою спостереження, чи здатна рослинність прорости у таких умовах. Виставлено 17 відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів отвором вниз (рисунок 2.1).



а) загальний вигляд;



б) розлив відпрацьованого масла

Рисунок 2.1 – Розміщення ВАМФ на досліджуваній ділянці

Залишки моторного масла, що знаходились у фільтрі, потрапили на досліджувану ділянку та під дією природних умов почали просочуватися у глиб ґрунту.

Через 1 місяць дії кліматичних факторів на поверхні ділянки зафіксовані чіткі плями відпрацьованого масла. Рослинність, яка проросла між фільтрами, тонка, жовтого кольору та майже відразу посохла або повністю зникла.

На наступному етапі проводимо дослідження складу ґрунту після проникнення та розповсюдження відпрацьованого моторного масла у глибину ділянки.

Найбільш доступною у нашому випадку є методика вимірювань масової частки нафтопродуктів (неполярних вуглеводнів) гравіметричним методом.

Результати вимірювань масової частки нафтопродуктів у фонових пробах та пробах забрудненого ґрунту з поверхні приведено в таблиці 2.1.

В результаті лабораторних досліджень визначено масову частку нафтопродуктів, що містяться на поверхні ґрунті, яка становить 925 мг/кг. Таке значення у 8 разів перевищує масову частку нафтопродуктів у фоновій пробі.

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань масової частки нафтопродуктів забрудненого ґрунту

Номер чашки	Фонова проба		Проба забрудненого ґрунту	
	1	2	3	4
Вага чистої чашки, г	62,6808	59,3610	54,0594	56,1624
Вага чашки з наважкою, г	62,6833	59,3640	54,0780	56,1818
Вага наважки, г	0,0025	0,0030	0,0186	0,0194
Масова частка нафтопродуктів, мг/кг	100	125	905	945
Середнє значення, мг/кг	112,5		925,0	

Гранично допустима концентрація (ГДК) нафтопродуктів у ґрунтах не встановлена у жодній країні світу, оскільки вона залежить від багатьох чинників: типу, складу та властивостей ґрунтів, кліматичних умов, складу нафтопродуктів, рослинності і т.і. Тому, нормативи вмісту нафтопродуктів у ґрунтах розробляються конкретно для кожного випадку відповідно до характеру регіонального забруднення середовища, ступеня індустріалізації території, її фізико-географічного розташування [114].

Нині відсутні атестовані методики визначення вмісту нафти та продуктів її перетворень, нормативи допустимого вмісту нафти та нафтопродуктів для ґрунтів різних типів. Деякі фахівці пропонують прийняти наступні ступені градації забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами:

- а) незабруднені ґрунти – до 1,5 г/кг;
- б) слабе забруднення – від 1,5 до 5,0 г/кг;

- в) середнє забруднення – від 5,0 до 13,0 г/кг;
- г) сильне забруднення – від 13,0 до 25,0 г/кг;
- д) дуже сильне забруднення – більше 25,0 г/кг.

Вважається, що слабке забруднення може бути ліквідовано у процесі самоочищення ґрунту у найближчі 2–3 роки, середнє – протягом 4–5 років. Початком серйозних екологічних втрат є забруднення ґрунту нафтою у концентраціях, що перевищують 13 г/кг, оскільки при цих концентраціях починається міграція нафтопродуктів у ґрунтові води, істотно порушується екологічна рівновага у ґрунтовому біоценозі. Останнім часом науковці України пропонують методику кількісної оцінки рівня забруднення ґрунтів нафтопродуктами та віднесення їх до відповідної категорії за інтегральним показником інтенсивності забруднення, яка допомагає оцінити їх небезпеку забруднення [115].

Згідно цієї методики уміст нафтопродуктів у ґрунтах нормують за номенклатурою санітарного стану, тобто вони не віднесені до пріоритетних забруднювачів довкілля, що здатні до стійкого накопичення. Уміст нафтопродуктів у ґрунтах регламентують за тимчасово допустимою концентрацією (ТДК), $TDK_n = 4000$ мг/кг. Рівень забруднення ґрунтів нафтопродуктами визначають за ступенем перевищення їх умісту ТДК (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Показники рівня забруднення ґрунтів нафтопродуктами, мг/кг

Рівень забруднення	Нафта і нафтопродукти
Перший (допустимий)	<ТДК
Другий (низький)	1000–2000
Третій (середній)	2 000–3 000
Четвертий (високий)	3 000–5 000
П'ятий (дуже високий)	>5 000

Оскільки результати дослідження умісту нафтопродуктів у ґрунті становлять 925 мг/кг це майже другий (низький) рівень забруднення. Такі результати отримані за невеликий проміжок часу, а саме 6 місяців. Зважаючи на невелику кількість відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, що були встановлені на досліджуваній ділянці, рівень забруднення ґрунту слід вважати суттєвим.

2.3 Аналіз розповсюдження відпрацьованого автомобільного масла в ґрунті

З потраплянням на ґрунт нафтопродуктів починається процес їх природного фракціонування та розкладання, деяка частина нафти механічно виноситься поверхневими водами за межі площі забруднення та розсіюється на шляхах руху водних потоків. Частина нафти у ґрунтовому шарі піддається хімічному та біологічному окисленню. Нафтові речовини здатні накопичуватись у донних відкладеннях озер, боліт і водосховищ, а потім, з плином часу, включатись у фізико-хімічну, механічну та біогенну міграції речовини [116].

Механічна міграція – це переміщення речовин, яке відбувається внаслідок дії законів механіки, гідродинаміки, гравітації, тощо. Розрізняють такі підвиди механічної міграції: гравітаційну (обвали, зсуви, осипи); водну (перенесення частинок з проточною водою, водна ерозія); водно-гравітаційну (селеві потоки); повітряну міграцію (вітрове перенесення речовин, вітрова ерозія); фізичну (вивітрювання). Основного значення при механічній міграції набувають параметри потоків (об'єм, швидкість тощо), і параметри частинок, що переносяться (їх розміри, форма, щільність тощо), наявність перешкод на шляху міграції (нерівності земної поверхні, штучні поверхні – насипи, дамби, дороги тощо), характер і параметри поверхні (довжина, кут нахилу, нерівності та щільність поверхні ковзання), інтенсивність та розміри руйнації порід та ін.

Фізико-хімічна міграція – це переміщення хімічних елементів, яке відбувається згідно законів фізики, хімії й основними типами взаємодії елементів. Основними механізмами фізико-хімічної міграції є дифузія, осаджування, сорбція, десорбція та ін. Здатність хімічних елементів до фізико-хімічної міграції залежить від їх хімічних і фізичних властивостей, дії внутрішніх і зовнішніх факторів міграції, поширення елементів у геосистемі.

Біогенна міграція хімічних елементів відбувається у процесі утворення та розкладання живої речовини, а саме: у процесі фотосинтезу, дихання, біологічного поглинання мінеральних речовин з ґрунту, біологічної акумуляції хімічних елементів, при відмиранні живої речовини – у процесі її розкладання та мінералізації. Живі організми є головним фактором міграції хімічних елементів.

Переважаючі тих чи інших процесів перетворення, міграції й акумуляції нафтопродуктів у значній мірі залежать від природно-кліматичних умов і властивостей ґрунтів, в які надходять ці забруднювальні речовини.

Легкі нафтові фракції мають підвищену токсичність для живих організмів. За ступенем парафінистої нафти та вмістом легких фракцій можна судити про характер впливу нафтового забруднення на ґрунт і стійкості цього впливу. Уміст сірки – також важлива ознака при оцінюванні впливу нафти на природне середовище. Зі збільшенням сірчистості нафти зростає небезпека сірководневого забруднення ґрунтів [117].

Забруднення ґрунтів нафтою при її розливах здебільшого спостерігається у верхніх горизонтах. Встановлено, що нафта яка потрапила при цьому у ґрунт опускається вертикально під дією сили тяжіння. Одночасно вона поширюється вшир, проникаючи у пори між частинками ґрунту.

Швидкість просочування нафти залежить від її властивостей, характеру ґрунту, а також від кількісних співвідношень нафти, повітря і води.

До забруднених нафтою і нафтопродуктами належать ґрунти, в яких концентрація забруднювачів: впливає на екологічну рівновагу ґрунтової системи; призводить до змін морфологічних, фізико-хімічних і хімічних

характеристик ґрунтових горизонтів і водно-фізичних властивостей ґрунтів; порушує співвідношення між окремими фракціями органічної речовини ґрунту. Рівень допустимої концентрації нафти та нафтопродуктів у ґрунтах відрізнятиметься залежно від ґрунтово-кліматичної зони, типу ґрунту, складу та властивостей нафти й нафтопродуктів. У середньому нижня межа концентрацій забруднювачів у забрудненому ґрунті змінюється від 0,1 до 1,0 г/кг. Критерієм також може слугувати концентрація понад 0,05 мг/л нафти та нафтопродуктів у воді, профільтрованій через забруднений ґрунт [118].

Вертикальна міграція нафтових вуглеводнів залежить від трьох основних чинників: властивостей забруднювача (щільність, в'язкість), умов середовища (температура) та властивостей ґрунту. Серед останніх визначальне значення мають вологість, щільність і гранулометричний склад. У сухому ґрунті процеси міграції практично не залежать від його щільності в інтервалі від 1,0 – 1,4 г/см³, але припиняються у вологому ущільненому ґрунті. Ґрунтам притаманна певна нафтоємність, внаслідок чого небезпека вертикальної міграції вуглеводнів стає реальною, починаючи з навантаження близько 10 л/м² й умісту фізичного піску у ґрунті понад 50%.

Вивчення міграційних властивостей нафтопродуктів показує, що необхідним є дослідження проникнення їх у горизонтальній площині та у глиб ґрунту. Тривала взаємодія відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів з навколишнім середовищем, у результаті дії атмосферних чинників, призводить до руйнування корпусу. Тому відбувається постійний процес розкладання його небезпечних компонентів і витікання масла у довкілля.

Проведені дослідження проникнення нафтопродуктів у горизонтальній площині. Результати вимірювань масової частки нафтопродуктів зведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати вимірювань масової частки нафтопродуктів у горизонтальній площині

	1 проба		2 проба		3 проба	
	1	2	3	4	5	6
Номер чашки						
Вага чистої чашки, г	83,8004	79,1653	78,5970	77,3750	58,7780	59,3600
Вага чашки з наважкою, г	83,8024	79,1672	78,5992	77,3769	58,7800	59,3621
Вага наважки, г	0,0020	0,0019	0,0022	0,0019	0,0020	0,0021
Масова частка нафтопродуктів, мг/кг	75	70	85	70	75	80
Середнє значення, мг/кг	72,5		77,5		77,5	

Таблиця 2.4 – Результати вимірювань масової частки нафтопродуктів, що проникли у глиб ґрунту

	1 проба		2 проба		3 проба	
	1	2	3	4	5	6
Номер чашки						
Вага чистої чашки, г	63,8533	66,3708	67,1963	66,3267	58,3149	56,5255
Вага чашки з наважкою, г	63,8566	66,3741	67,1987	66,3295	58,3162	56,5269
Вага наважки, г	0,0033	0,0033	0,0024	0,0028	0,0013	0,0014
Масова частка нафтопродуктів, мг/кг	140	140	95	115	40	45
Середнє значення, мг/кг	140		105		42,5	

Спостереження та розрахунки демонструють, що зі збільшенням глибини дослідження відбувається зменшення масової частки нафтопродуктів але проникнення відбувається і досить суттєве.

2.4 Дослідження накопичення нафтопродуктів у сніговому покриві

Згідно стандартним методикам [119, 120], для визначення забруднювальних речовин у атмосфері, відбір проб проводять на початку танення снігу, орієнтовно у кінці березня – початку квітня. Отримані результати хімічного складу талої води характеризують загальний вміст забруднювальних речовин у сніговому покриві, накопичених за зимовий

сезон. Безсумнівно, великий інтерес викликає вивчення процесу акумуляції хімічних речовин протягом зимових місяців.

Метою проведеної роботи було вивчення динаміки накопичення нафтопродуктів, які випаровуються в атмосферу та акумулюються у сніговому покриві.

Відбір проб снігового покриву проводився в період його максимального накопичення, незадовго до періоду сніготанення (кінець лютого – березень). Методом «конверта»; проби відібрані за допомогою сніговідбірників з хімічно стійкого полімерного матеріалу, при цьому з поверхні видаляється сміття (листя, гілки та ін.), виключається потрапляння у зразок частинок ґрунту.

З відібраних проб складена збірна проба, вагою 2 кг, яка поміщена в емність з хімічно стійкого полімерного матеріалу (у поліетиленовий пакет) й промаркована.

Уміст нафтопродуктів визначено ваговим методом, який полягає у багатократному екстрагуванні нафтопродуктів із води хлороформом і наступному хроматографічному відділенні їх від всіх інших домішок. Результати вимірювань і розрахунків зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Уміст нафтопродуктів у сніговому покриві для проби №3

	Вміст нафтопродуктів, мг/дм ³
Фонова проба (умовно чистий сніг)	0,078
Проба снігу на висоті 50 см над джерелом забруднення	0,088
Проба снігу на висоті 5 см над джерелом забруднення	1,559

Штучно створене забруднення ґрунту відпрацьованими автомобільними масляними фільтрами показало негативний вплив на рослинність, а лабораторними дослідженнями визначено масову частку нафтопродуктів, що містяться в ґрунті. З часом концентрація відпрацьованого моторного масла знижується, у зв'язку з міграційними властивостями нафтопродуктів, про що свідчить масова частка нафтопродуктів на глибині 15 та 25см. Дослідження

накопичення забруднюючих речовин у сніговому покриві показали, що масова частка нафтопродуктів на висоті 52 см перевищує фонову концентрацію.

Визначений та підтверджений негативний вплив відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на довкілля, який демонструє високий рівень екологічної небезпеки при неправильному поводженні з такими відходами. Тому необхідний обов'язків їх збір та утилізація.

2.5 Оцінювання величини шкоди від розміщення відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунті

Згідно з наказом «Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства» [121] розмір шкоди від забруднення земель визначається за формулою

$$P_{ш} = A \cdot \Gamma_{оз} \cdot P_{д} \cdot K_{з} \cdot K_{н} \cdot K_{ег}, \quad (2.1)$$

де $P_{ш}$ – розмір шкоди від забруднення земель, грн.;

A – питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки, значення якого дорівнює ;

$\Gamma_{оз}$ – нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення (засмічення), грн./м²;

$P_{д}$ – площа забрудненої земельної ділянки, м²;

$K_{з}$ – коефіцієнт забруднення земельної ділянки, що характеризує кількість забруднювальної речовини в об'ємі забрудненої землі залежно від глибини просочування;

$K_{н}$ – коефіцієнт небезпечності забруднювальної речовини, значення якого визначається за додатком Д.1;

$K_{ег}$ – коефіцієнт еколого-господарського значення земель визначається за додатком Д.1 «Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої

забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства».

Якщо уміст забруднюючої речовини встановлювався за результатами інструментально-лабораторного контролю, K_3 визначається за формулою

$$K_3 = \frac{C_{зр} \cdot \Gamma_{п}}{T_{зш} \cdot I_{п} \cdot K_{роз}} \quad (2.2)$$

де $C_{зр}$ – концентрація (масова частка) забруднювальної речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг;

$\Gamma_{п}$ – товща земельного шару (глибина), на яку зафіксовано просочування забруднювальної речовини, м;

$T_{зш}$ – товща земельного шару, що є розмірною одиницею для розрахунку витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування та дорівнює 0,2 м;

$I_{п}$ – індекс поправки до витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування забруднювальної речовини (додаток Д.3 «Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства»);

$K_{роз}$ – розрахунковий коефіцієнт, що дорівнює 1000000 мг/кг.

При розрахованому значенні $K_3 < 1$ його значення приймається рівним 1,0.

Грошове оцінювання земель, по яких не проведено її визначення, здійснюється з застосуванням відповідних понижувальних коефіцієнтів до нормативного грошового оцінювання угідь, зазначених нижче, по відповідному адміністративному району (місту обласного підпорядкування) [122]: для перелогів – до нормативної грошової оцінки орних земель: 0,95.

Станом на 2019 рік у Полтавській області офіційно зареєстрованих легкових автомобілів налічується близько 59 тис., а кількість відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів відповідно складає 117 тис. шт. щорічно.

Таблиця 2.6 – Показники для розрахунку розміру шкоди від забруднення земель

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерело одержання або розрахунок показника	Значення показника
1	2	3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, м ²	П _д	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	1287,75
2	Глибина просочування ЗР, м	Г _п		0.1
3	Забруднювальна речовина			Нафтопродукти (неполярні вуглеводні)
4	Відносна густина забруднювальної речовини, т/м ³	Щ _{зр}	Додаток Д.4	0,73
5	Концентрація (масова частка) ЗР за результатами інструментально – лабораторного контролю мг/кг	С _{зр}	За протоколом вимірювань	925
6	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забруднення землі, м	Т _{зш}	Постійна величина	0,2
7	Індекс поправки до витрат	І _п	Додаток Д.3	0,1
8	Розрахунковий коефіцієнт, мг/кг	К _{роз}	Постійна величина	1000000
9	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення	А	Постійна величина	0,5
10	Нормативне грошове оцінювання земельної ділянки (проіндексована) грн/м ²	Г _{оз}	За довідкою територіального органу Держкомзему	$3,12 \cdot 0,95 = 2,964$
11	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки	К _з	Формула 2.2	1,0
12	Коефіцієнт небезпечності ЗР	К _н	Додаток Д.1	4
13	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель	К _{ег}	Додаток Д.2	1

Приймаємо, що масляні фільтри не пресуються на полігонах ТПВ, а просто закопуються або складаються шарами. Якщо їх розкласти в один шар висотою у 1 фільтр, то при умовній площі, яку займає один фільтр – 0,011 м², кожний рік потрібно виділяти майданчик площею 1287,75 м². І відповідно річний розмір шкоди від забруднення земель становить:

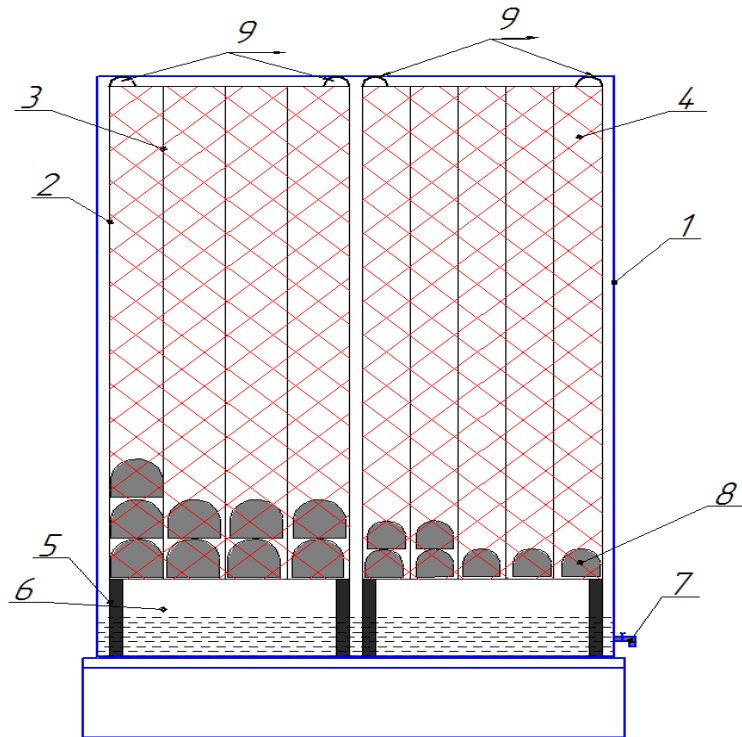
$$P_{\text{ш}} = 0,5 \cdot 2,964 \cdot 1287,75 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 1 = 7633,78 \text{ грн.}$$

Таким чином складає близько 7,6 тис. грн.

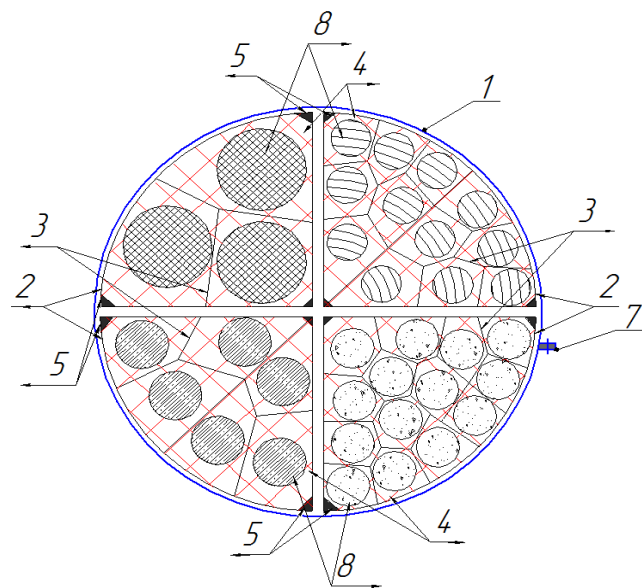
2.6 Пропозиції щодо мінімізації потрапляння відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів у довкілля

Відомо, що автомобільні масляні фільтри мають велику різноманітність форм і розмірів, що ускладнює технологію їх утилізації. Для спрощення технології утилізації відпрацьованих масляних фільтрів необхідно застосовувати роздільний збір. У теперішній час існуючі конструктивні рішення контейнерів не дозволяють здійснювати роздільний збір відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів і масел, що в значній мірі ускладнює процедуру їх утилізації.

Для реалізації технології роздільного збору ВАМФ розроблена конструкція спеціального контейнера (рисунок 2.2, 2.3). Ця конструкція була запатентована як корисна модель [123], стосується галузі автомобільної промисловості, а саме до контейнерів для збору відпрацьованих масляних фільтрів, і може бути використана з метою зменшення їх негативного впливу на навколишнє середовище. Контейнер для роздільного збору відпрацьованих масляних фільтрів містить корпус, розділений вертикально на 2 – 4 сектори з картриджами, конструкція яких дозволяє розділяти фільтри за 2 – 4-ма типорозмірами та відділити їх від зони збору відпрацьованого масла, яка знаходиться в нижній частині контейнера. Також там розміщений кран, через який здійснюється злив відпрацьованого масла. При транспортуванні контейнер закривається кришкою.



а) поздовжній розріз контейнера для роздільного збору ВАМФ



б) поперечний розріз контейнера для роздільного збору ВАМФ

1 – корпус контейнера циліндричної форми (бочка); 2 – чотири картриджі;
3 – перегородки (направляючі); 4 – металева сітка; 5 – опорні ніжки; 6 – відсік
для збору відпрацьованого масла; 7 – кран для зливу відпрацьованого масла; 8
– відпрацьовані фільтри різних типорозмірів; 9 – монтажні петлі.

Рисунок 2.2 – Контейнер для роздільного збору відпрацьованих
автомобільних масляних фільтрів

Запропонований контейнер дозволяє здійснювати попереднє сортування та роздільний збір відпрацьованих масляних фільтрів за типорозмірами, відділити відпрацьоване масло з подальшим його зливом. Вивантаження зібраних фільтрів можливе у місці накопичення, а також їх подальшого транспортування для утилізації на спеціалізованому підприємстві.

Висновки до розділу 2

1. Нафтопродукти, що є основним компонентом відпрацьованих автомобільних масел, згубно впливають на довкілля зважаючи на їх властивості: леткість, в'язкість та спроможність всмоктуватись у пористий матеріал, наприклад ґрунт. При потраплянні ВАМФ у довкілля особливій небезпеці підлягає саме ґрунт, тому що міграція токсичних речовин всередину ґрунтового шару призводить до його деградації та втрати природної родючості. Такі землі вилучаються з сільськогосподарського використання, а стан навколишнього середовища погіршується.

2. Експериментальне забруднення ґрунту маслом відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів показало негативний вплив на рослинність, а лабораторними дослідженнями визначено, що масова частка нафтопродуктів у 8 разів перевищує фонові показники. З часом концентрація відпрацьованого моторного масла у верхньому шарі ґрунту знижується, у зв'язку з міграційними властивостями нафтопродуктів, про що свідчить надходження нафтопродуктів на глибину 15–25 см. Експериментальні дослідження накопичення забруднювальних речовин у сніговому покриві показали, що масова частка нафтопродуктів на висоті 0,5 м над ВАМФ перевищує фонову концентрацію.

3. Розрахований розмір шкоди від забруднення земель при потраплянні розрахункової кількості ВАМФ на ґрунт, що утворюються у м. Полтава, становить близько 7600 грн. на рік.

4. Експериментально підтверджено факт негативного впливу ВАРФ на навколишнє середовище для умов Полтавської області. Тому на першому етапі утилізації ВАРФ потрібно організувати їх збирання. З цією метою запропоновано контейнерний спосіб роздільного збору ВАРФ, 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.

Результати проведених досліджень опубліковані у роботах [123–127].

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ СИРОВИННО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ФІЛЬТРІВ

3.1 Конструктивні особливості відпрацьованих автомобільних фільтрів та властивості автомобільних масел

Технології утилізації, повторного використання автомобільних шин, акумуляторів, моторних масел мають значний екологічний та економічний інтерес з точки зору природоохоронної та ресурсозберігаючої діяльності. У зв'язку з цим потрібно більш детально розглянути відпрацьовані автомобільні фільтри як промислові відходи 3 класу небезпеки. У Державному класифікаторі відходів ДК 005-96 вони становлять наступну групу: 7730.3.1.05 – Матеріали фільтрувальні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені, що є абсолютно неможливими для їх поховання. Відпрацьовані автомобільні фільтри також потенційні ресурсоцінні відходи, які вимагають обов'язкової утилізації (рециклінгу) та повторного використання їх компонентів [99].

У процесі роботи автомобільного транспорту використовуються наступні фільтри за призначенням:

- очищення повітря, що подається для спалювання палива – повітряні фільтри (вага чистого фільтра в межах 150 – 400 г);
- фільтри очищення палива, перед надходженням в систему карбюратора (інжектора) – паливні фільтри (вага чистого фільтра в межах 100 – 500 г);
- очищення повітря для системи вентиляції і кондиціонування салону – вентиляційні фільтри (вага 20 – 300 г);
- очищення автомобільного масла – масляні фільтри (вага 200 – 600 г).

Існує велика кількість різновидів і моделей автомобільних фільтрів, основні компоненти яких представлені на схемі (рисунок 3.1), де розглянуті їх призначення та конструктивні особливості. Для визначення компонентного

складу та стану деталей ВАФ у експериментальній частині дисертаційної роботи було розібрано декілька ВАФ різної конструкції (рисунки 3.5а, 3.7а, 3.9а, 3.12а) та встановлено можливість утилізації деталей фільтрів (рисунки 3.5б, 3.7б, 3.9б, 3.12б).

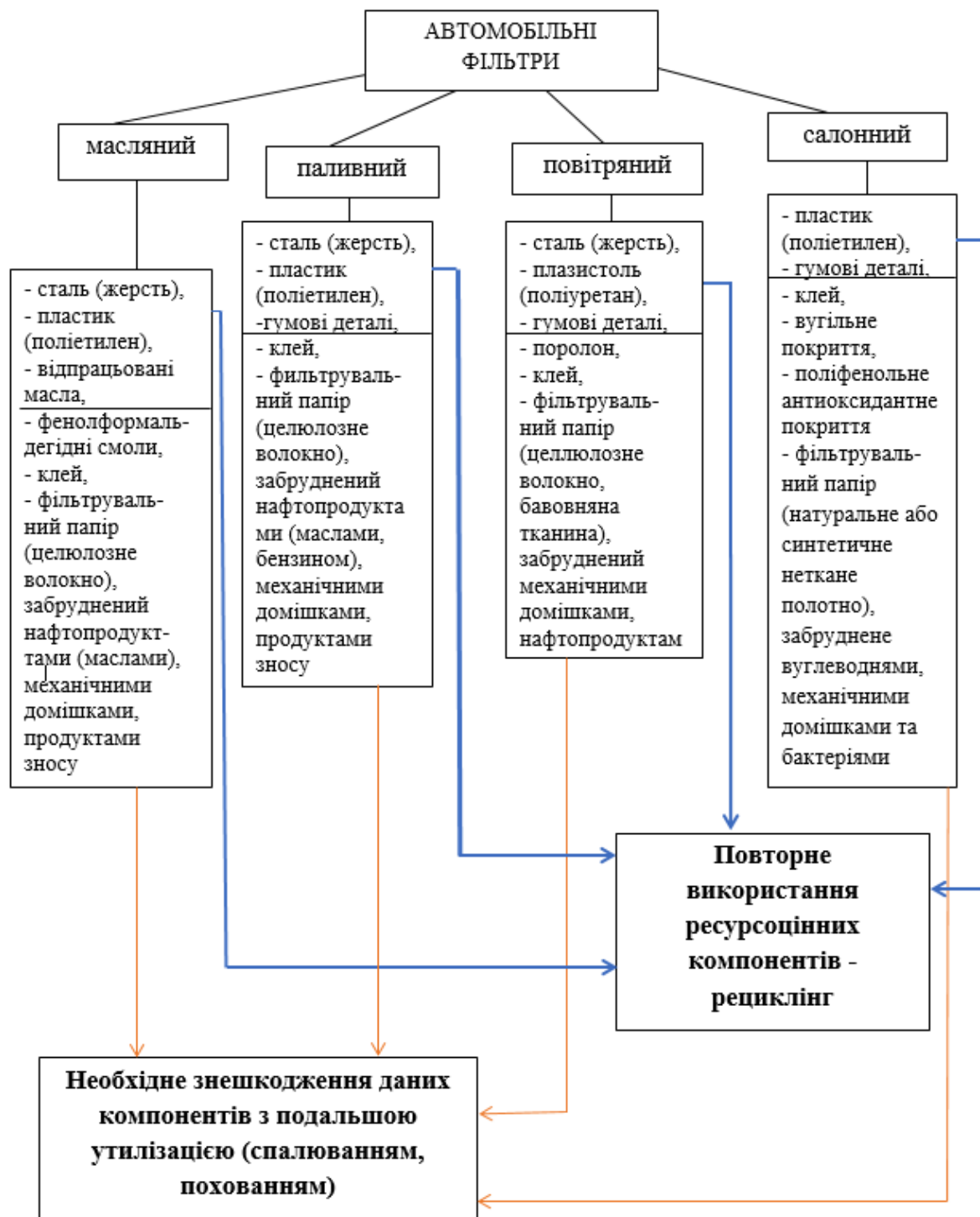


Рисунок 3.1 – Компонентний склад відпрацьованих автомобільних фільтрів

Повітряний фільтр служить для очищення повітря від механічних домішок у системі живлення двигуна. Для роботи двигуна необхідна велика кількість повітря, а частинки пилу помітно скорочують його ресурс (рисунки 3.2, 3.3).



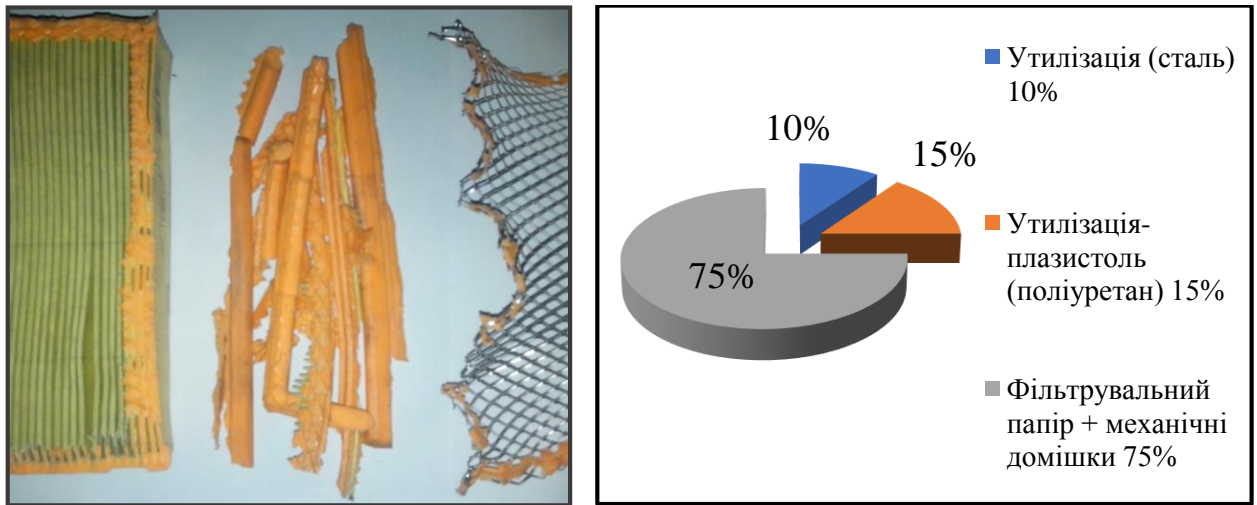
Рисунок 3.2 – Кільцевий автомобільний повітряний фільтр



Рисунок 3.3 – Панельний повітряний фільтр

Основними компонентами повітряних фільтрів є фільтрувальний папір, плазистоль (поліуритан) (рисунки 3.4). Якщо він має каркасну конструкцію, то з внутрішньої сторони фільтра встановлено каркас з алюмінієвої сітки. небезпечною для довкілля частиною є фільтрувальний папір (целюлозне волокно, бавовняна тканина), забруднений механічними домішками, нафтопродуктами, якому необхідно забезпечити надійне зберігання і

утилізувати шляхом спалювання або поховання, за умови дотримання допустимого класу небезпеки відходу [128].



а) загальний вигляд;

б) діаграма складу фільтра;

Рисунок 3.4 – Склад відпрацьованих автомобільних повітряних фільтрів

Основою для нормального очищення повітря від домішок є своєчасна заміна повітряного фільтра. Вважається, що робити заміну слід кожні 10-15 тис. км. Але багато в чому частота заміни залежить від експлуатаційних умов, тому рекомендується замінювати повітряний фільтр двічі на рік, перед літнім і зимовим сезонами.

Паливний фільтр складається з корпусу, в який поміщений фільтрувальний елемент. Нерозбірні конструкції паливного фільтра застосовуються частіше у бензинових паливних системах. У бензинових двигунах заміна паливного фільтра проводиться рідше, ніж у дизеля. У будь-якому випадку, щоб силова установка працювала без збоїв, потрібно своєчасна заміна паливного фільтра [129].

Щоб забезпечити правильну роботу системи живлення двигуна автомобіля, а також мінімізувати можливість виходу даної системи з ладу, паливо повинно бути очищеним від всіляких механічних домішок, за що відповідає паливний фільтр. У таких фільтрах найбільш важливою частиною є фільтрувальний папір (целюлозне волокно), який забруднений

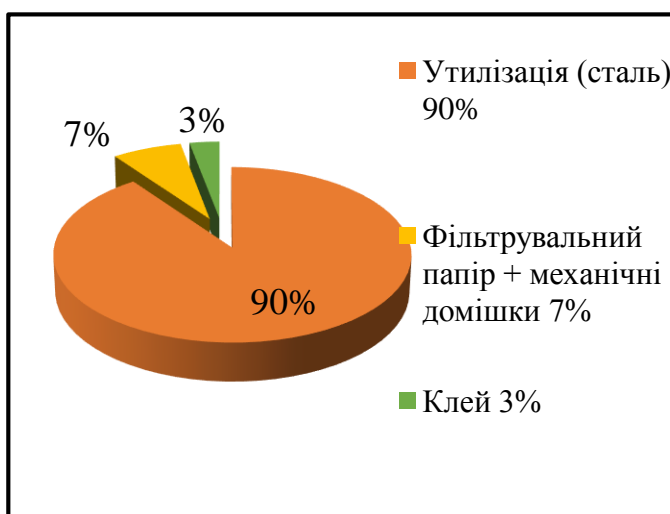
нафтопродуктами (маслами, бензином), механічними домішками та продуктами зносу. Питання утилізації цього фільтра вимагає особливої уваги (рисунки 3.5, 3.6).



Рисунок 3.5 – Паливний фільтр при пробігу в 30 000 км



а) загальний вигляд;



б) діаграма складу фільтра;

Рисунок 3.6 – Склад відпрацьованих автомобільних паливних фільтрів

Вентиляційний (салонний) фільтр використовується в автомобілях для очищення повітря, що надходить у салон з атмосфери через повітроводи вентилятора. В автомобільних «корках» наявність салонного фільтра вкрай необхідна (рисунок 3.7).

Дослідження щодо вмісту шкідливих викидів на дорогах та їх вплив на стан водія демонструють, що загальний фон забруднення атмосфери у великих містах характеризується як підвищений. Основу шкідливих компонентів, що містяться у повітрі, представляють вуглеводні, формальдегід, оксиди сірки й азоту, чадний газ.

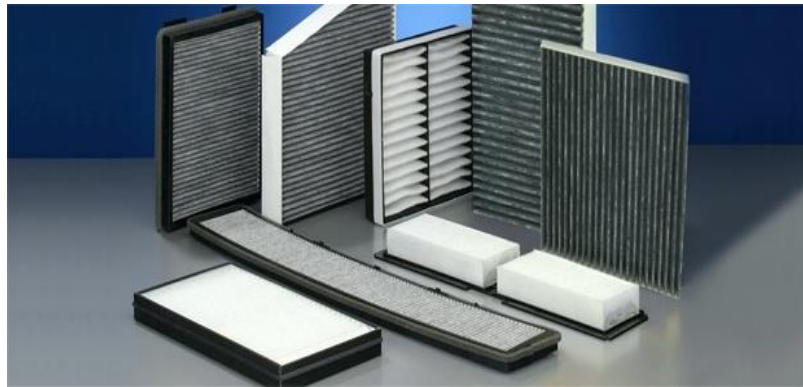


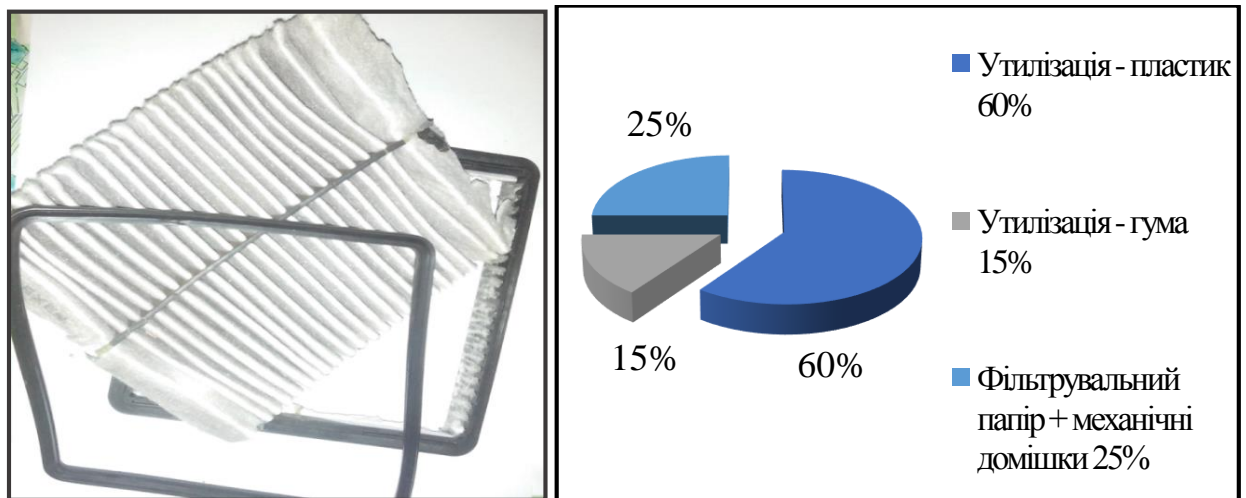
Рисунок 3.7 – Салонні фільтри автомобілів

Окрім токсичних шкідливих речовин, повітря над дорогою містить велику кількість звичайного і шинного пилу, кіптяви, солей, які піднімаються з поверхні дорожнього покриття та безпосередньо проникають у салон автомобіля. Вони непомітно завдають шкоди органам дихання водіїв і пасажирів. Застосування фільтрів значно зменшує концентрацію пилу та гару у салоні, яке запобігає появу чорного нальоту на склі, що погіршує їх прозорість і створює на них відображення.

У середньому періодичність заміни становить 15000 км пробігу. В умовах загазованого мегаполісу цей термін повинен скорочуватися удвічі. Несвоєчасна заміна салонного фільтра призводить до накопичення бруду, яка є сприятливим середовищем для розвитку грибків, цвілі та інших хвороботворних бактерій, що швидко поширюються по каналах системи кондиціонування та вентиляції. Таким чином, фільтр може перетворитися із засобу очищення повітря у засіб поширення хвороби [130].

На діаграмі (рисунок 3.8б) представлений найпоширеніший тип фільтра, що складається з 3 компонентів, але на сьогоднішній день існує нове покоління

«Еко-фільтрів», що складаються тільки з фільтрувального елемента – целюлозного волокна.



а) загальний вигляд;

б) діаграма складу фільтра;

Рисунок 3.8 – Склад відпрацьованих автомобільних салонних фільтрів

Масляний фільтр є змінним елементом автомобільного двигуна, від якого залежить ефективність роботи двигуна та довговічність його експлуатації.

Основні функції моторного масла – це ефективне очищення робочих поверхонь та охолодження. Робота на брудному маслі згубна для двигуна та веде до виходу його з ладу. Для захисту від домішок, постійного очищення масла застосовується масляний фільтр (рисунок 3.9).

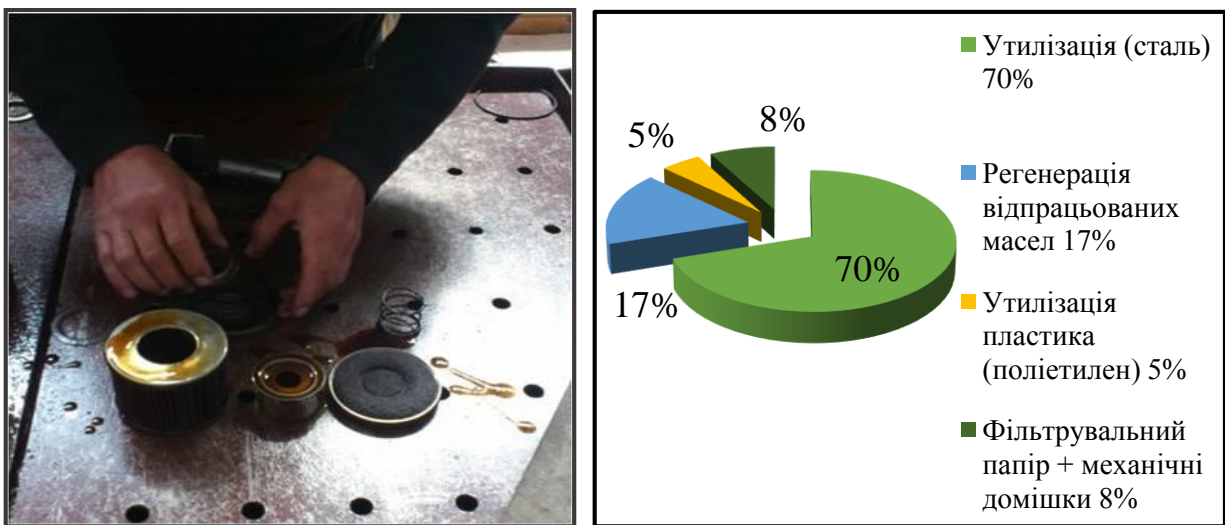
Фільтрувальний елемент виготовлений зі спеціального, просоченого фенолформальдегідними смолами, паперу.



Рисунок 3.9 – Конструкція автомобільного масляного фільтра

Для якісної роботи фільтра важлива конфігурація розташування шарів, пористість, міцність фільтрувального елемента. Виробники якісних фільтрів домагаються кращих очищувальних якостей, обробляючи папір кілька разів на спеціальних технологічних лініях [131].

Масляні фільтри в автомобілях (рисунок 3.10) необхідні для очищення масла від шкідливих домішок, які суттєво впливають на прискорення зносу деталей двигуна. У процесі роботи двигуна якість масла знижується, а кількість та концентрація забруднювальних речовин значно зростає.



а) загальний вигляд;

б) діаграма складу фільтра;

Рисунок 3.10 – Склад відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Моторне масло — суміш високомолекулярних нафтових вуглеводнів, що використовується для зменшення тертя між рухомими поверхнями у поршневих двигунах внутрішнього згорання й інших двигунах [132]. Для забезпечення мінімального зношування деталей двигуна краще застосовувати масло більшої в'язкості. Однак надмірне підвищення в'язкості збільшує втрати потужності на тертя, що призводить до підвищення витрати палива.

Масла складаються з двох типів компонентів: основи та присадок. Присадки – це речовини, які додаються у моторне масло для посилення, послаблення, стабілізації певних властивостей масел (від стабілізації в'язкості при певних температурах до очищення внутрішніх деталей двигуна). На

сьогоднішній день використовують наступні присадки: в'язкістно-загущуючі, мийні (детергенти), диспергувальні (дисперсанти), протизносні, інгібітори окислення (антиокислювальні присадки), інгібітори корозії та ржавіння, антипінні, модифікатори тертя та депресорні.

Як базові масла використовують мінеральні (одержані в результаті перероблення нафти), синтетичні (одержані шляхом органічного синтезу), а також напівсинтетичні (суміші мінеральних і синтетичних). Відповідно й моторні масла поділяються на мінеральні, синтетичні та напівсинтетичні.

Мінеральні масла – це масла високої в'язкості, які є первинним продуктом перероблення нафти. До складу такого масла входять ряд домішок, у тому числі сірка, активні вуглеводні та інші речовини, які знижують ресурс роботи та призводять до утворення відкладень на стінках циліндрів.

Синтетичні масла отримують шляхом хімічного перероблення продуктів перегонки нафти. Нафта для їх виробництва була багаторазово оброблена, а тому у ній відсутні будь-які небажані домішки. Вони відрізняються меншою в'язкістю, довшим строком експлуатації та забезпечують кращий захист двигуна, завдяки стійкості до екстремальних температурних умов.

Напівсинтетичні – це суміш двох типів моторних масел, в яких 50-70% займає мінеральна складова і 30-50% – синтетична. Напівсинтетичні масла дешевші від повністю синтетичних і при цьому більш ефективні порівняно з мінеральними.

При перегріванні двигуна масло піддається окислюванню у результаті попадання у нього кисню та його подальшого контакту з металами. Все це разом із залишками незгорілого палива утворює на поверхні змащувальних елементів двигуна нагар і лаки.

При низьких температурах двигуна масло схильне до утворення у ньому різних шкідливих осадів. До них відносяться сажа та шлам. Сажа, як відомо, це вуглеводневі сполуки з домішками сірки та кисню, що не розклалися у процесі згорання палива. При попаданні їх у масло, що найбільш характерно для дизелів, вони утворюють специфічні сполуки [133].

У міру накопичення у маслах механічних домішок, конденсату палива, води та продуктів старіння воно темніє, а його змащувальні властивості помітно погіршуються, що викликає збільшення зношування деталей. Незважаючи на наявність фільтрів у системі змащення двигунів, якість масла у процесі роботи погіршується і його періодично доводиться замінювати свіжим. Це пов'язано з тим, що фільтри видаляють з масла в основному тверді домішки та важкі смолисто-асфальтові з'єднання. Але окрім них у маслах відбувається поступове накопичення органічних кислот, сірчистих сполук (сірчистої та сірчаної кислот), особливо при роботі двигунів на сірчистих паливах. Крім того, у процесі роботи масла у двигуні відбувається відпрацювання (поділ на складові частини) та відфільтрування присадок. У результаті зменшується їх кількість у маслі, погіршуються його експлуатаційні властивості. У заводських інструкціях по експлуатації і у правилах технічного обслуговування автомобілів встановлюються терміни зміни масла через 6-12,5 тис. км пробігу.

Відпрацьоване автомобільне масло, як відхід віднесений до 3 класу небезпеки та, потрапляючи у навколишнє середовище, забруднює повітря, ґрунт, поверхневі та підземні води. Особливу небезпеку представляє синтетичне та напівсинтетичне масло. Тому проблема утилізації та перероблення автомобільних масляних фільтрів наразі є актуальною.

Відпрацьовані масла можуть містити:

- важкі метали (барій, хром, цинк тощо);
- продукти зносу;
- залишки присадок;
- продукти згоряння (поліциклічні ароматичні вуглеводні);
- дегідровані компоненти масла.

Абсолютно всі перераховані вище речовини є занадто шкідливими для навколишнього середовища та людського організму. При попаданні у ґрунтові води або ґрунт відпрацьоване масло може токсично впливати на людей та тварин. Тому потрібне його збирання та подальше оброблення. Саме такий

підхід дозволяє виключити можливість потрапляння токсинів у навколишнє середовище [134].

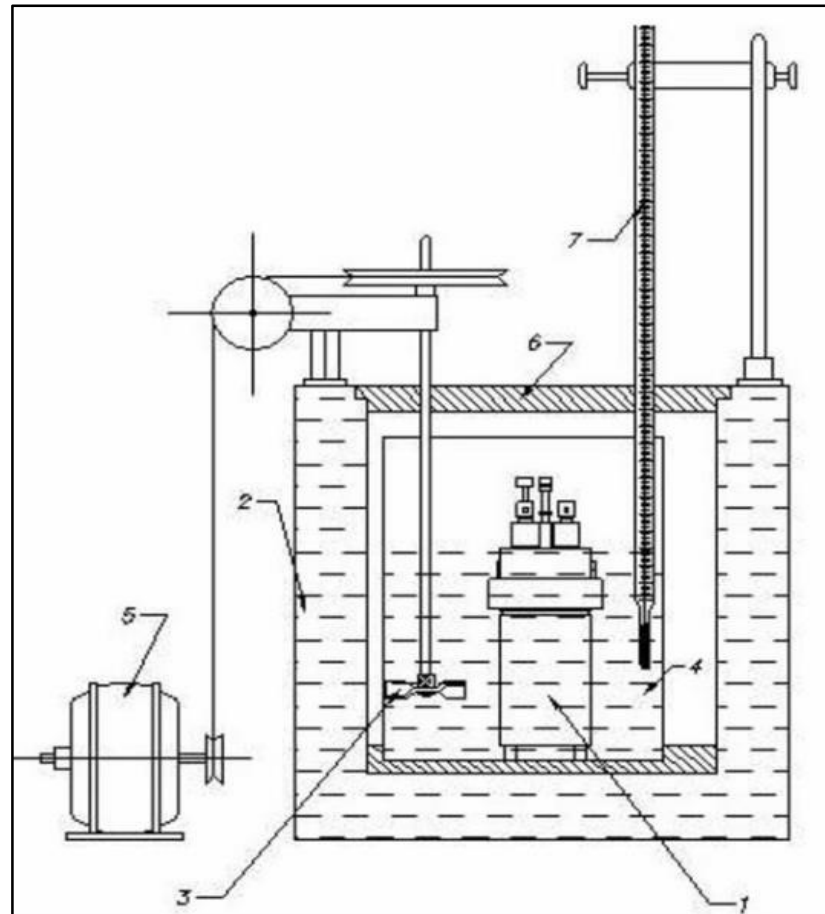
Відпрацьовані автомобільні масляні фільтри необхідно піддавати своєчасній заміні, з обов'язковими умовами – повторне використання ресурсоцінних компонентів: реціклінг і знешкодження небезпечних елементів, з подальшою їх утилізацією (спалюванням, похованням). Обсяги утворення відпрацьованих автомобільних фільтрів, у зв'язку з необхідністю їх частої заміни та кількістю автомобілів, дуже великі. А компонентний склад свідчить про можливість отримання високого екологічного й економічного ефекту. Технології реціклінгу, повторного використання, утилізації таких промислових відходів стають важливою та необхідною частиною поліпшення навколишнього середовища.

3.2 Визначення теплоти згоряння фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

У дисертаційній роботі експериментально визначено теплоту згоряння палива Q (кДж) за допомогою калориметра. Горючими елементами у паливі є вуглець C , водень H і летюча горюча сірка S . Їх горіння може бути представлено такими рівняннями:



Вуглець – основний носій теплоти. Водень – другий найбільш важливий елемент палива. Сірка при згорянні виділяє велику кількість теплоти, проте сірчисті з'єднання підвищують корозію металевих деталей печей, у навколишньому середовищі сприяють утворенню кислотних опадів.



1 – калориметрична бомба; 2 – оболонка калориметра; 3 – мішалка; 4 – латунний посуд з водою; 5 – електричний двигун; 6 – кришка; 7 – ртутний термометр

Рисунок 3.11 – Схема експериментальної установки – калориметрична бомба

Теплоту згоряння палива (при постійному об'ємі) Q_6 з досліду, проведеного у калориметрі, обчислюють за формулою:

$$Q = W \cdot \Delta T \quad (3.4)$$

де ΔT – зміна температури калориметричної системи, К;

W – теплоємність системи або енергетичний еквівалент калориметра.

Величину ΔT , яку називають істинною змінною температури, не можна виміряти безпосередньо. На цю величину впливає теплообмін калориметричної системи з навколишнім середовищем, а також побічні джерела енергії: тертя мішалки калориметра, енергія струму термометра опору

і т.д. Тому безпосередньо вимірюється у досліді зміна температури $\Delta T'$, яка завжди відрізняється від істинної. Щоб отримати справжню зміну температури, необхідно до величини ΔT ввести поправку на теплообмін і на побічні ефекти. Таким чином, за відсутності побічних теплових ефектів

$$\Delta T = \Delta T' - \delta \quad (3.5)$$

де δ – поправка на теплообмін.

Перед використанням «бомбу» калібрують і визначають її енергетичний еквівалент. Енергетичний еквівалент бомбових калориметрів (W) визначають шляхом спалювання високочистої бензойної кислоти, що є вихідною еталонною речовиною. Енергія згоряння її встановлена як фізична константа при певних, так званих стандартних, бомбових умовах:

- 1) реакція згоряння зразка протікає при постійному об'ємі в ізотермічних умовах при 298,15 К;
- 2) початковий тиск чистого кисню у бомбі, виміряний при 298,15 К та має становити 3,04 МПа (30 атм);
- 3) маса зразка бензойної кислоти береться з розрахунку 3 г на 1 дм³ об'ємі бомби;
- 4) кількість води, що вводиться перед дослідом у бомбу (для насичення водяними парами її внутрішнього простору) береться з розрахунку 3 г на 1 дм³ об'єму бомби.

При цих умовах енергія згоряння бензойної кислоти прийнята рівною (26434,4 ± 0,6) кДж/кг. На практиці часто мають місце відхилення від цих умов. Тому енергія згоряння у фактичних бомбових умовах відрізняється від енергії згоряння у стандартних бомбових умовах.

Чисельне значення W визначають, спалюючи у калориметричній бомбі точно зважену наважку (1,00 ± 0,01 г) бензойної кислоти, повідомляючи калориметру відому кількість енергії та вимірюючи, викликаний цим підйом температури. Енергетичний еквівалент розраховують за формулою:

$$W = \frac{m_1 \cdot Q_{\text{б.к.}}}{\Delta T_1} \quad (3.6)$$

де m_1 – маса наважки еталонної бензойної кислоти; 1,1833 г;

$Q_{\text{б.к.}}$ – питома теплота згорання зразка бензойної кислоти; 26467 кДж/кг;

ΔT_1 – підйом температури у досліді з бензойною кислотою; 3,036 К.

При оцінюванні калорійності зразка досліджуваного палива проводиться порівняння теплоти згорання палива та бензойної кислоти:

$$Q_{\text{палива}} = \frac{W \cdot \Delta T_2}{m_2} = \frac{m_1 \cdot \Delta T_2}{m_2 \cdot \Delta T_1} \cdot Q_{\text{б.к.}} \quad (3.7)$$

де $Q_{\text{палива}}$ – питома теплота згорання досліджуваного палива, кДж/кг;

m_2 – маса наважки досліджуваного палива, г;

ΔT_2 – підйом температури у досліді з паливом, К.

Проведено визначення питомої теплоти згорання відпрацьованого фільтрувального паперу у «бомбі» за двома наважками, а за остаточний результат прийнято середнє з двох значень.

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

У подальших розрахунках приймаємо величину теплоти згорання відпрацьованого фільтрувального паперу $Q_{\text{паперу}} = 6819,6$ ккал/кг.

3.3 Спосіб отримання альтернативного палива з відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Одним з напрямів у галузі енергозбереження є перегляд існуючих систем теплопостачання будівель з метою пошуку менш енергоємних і більш ефективних. У дисертаційній роботі проведений аналіз існуючої системи теплопостачання будівлі заводу ПАТ «НДІ КОЛАН», розглянуті можливі варіанти теплопостачання, а також виконано техніко-економічне оцінювання прийнятих рішень.

Паперова частина нових фільтрів типу «КОЛАН» складає 18-36 г. Виходячи із запланованого рівня продуктивності технології рециклінгу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів: мінімальний – 1000 шт. на добу або 251 тис. шт. фільтрів за рік; максимальний – 3000 шт. на добу або 753 тис. шт. за рік (із розрахунку 251 робочий день на рік), відповідно кількість відпрацьованого фільтрувального паперу становить:

$$\min = 60 \cdot 1000 \cdot 251 / 1000 = 15060 \text{ кг /рік};$$

$$\max = 120 \cdot 3000 \cdot 251 / 1000 = 90360 \text{ кг/рік.}$$

Тобто, за рік у процесі утилізації фільтрів утворюється від 15060 до 90360 кг промасленого фільтрувального паперу. Визначена питома теплота згоряння промасленого фільтрувального паперу яка складає 6819,6 ккал/кг. При перерахунку на умовне паливо 7000 ккал/кг – це складатиме:

$$m = 90360 \cdot 6819,6 / 7000 = 88031 \text{ кг умовного палива } 88,03 \text{ тони за рік.}$$

У перерахунку на газове паливо (теплотворна здатність 8000 ккал/м³), це дозволяє зберегти:

$$V = 90360 \cdot 6819,6 / 8000 = 77027 \text{ м}^3 \text{ газу за рік.}$$

ПАТ «НДІ КОЛАН» запобігає можливному потраплянню небезпечного відходу у довкілля, шляхом повної утилізації складових ВАМФ із застосуванням сучасних технологій. А використання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів як альтернативного палива для локальних теплогенеруючих установок, дозволяє підвищити рівень екологічної безпеки атмосфери за рахунок зменшення кількості забруднювальних речовин у димових газах.

Виходячи з тарифу природного газу станом на 1 січня 2019 року для промислових підприємств 12090 грн. за 1000 м³ [135], отримуємо річну економію у розмірі:

$$E = 77,03 \cdot 12090 = 931310 \text{ грн.}$$

Отже, використання енергетичного потенціалу відпрацьованого фільтрувального паперу із залишками відпрацьованого моторного масла зменшить щорічні витрати підприємства на опалення на 931,3 тис грн.

Спалювання відпрацьованого фільтрувального паперу буде здійснюватися в окремому приміщенні, в котлі марки «РЕТРА-3М» потужністю 100 кВт, який призначений для опалення приміщень підприємства, з витратою палива до 13 кг/год.

Котел «РЕТРА-3М» сталевий, має розвинену поверхню приймання тепла. Його конструкція складається з топочної, конвективної та зольникової частини. Топочна частина (топка) має великий об'єм і застосовується для горіння палива, конвективна – виконує функцію відбирання тепла від продуктів горіння та має велику поверхню теплообміну. Зольникова частина слугує для накопичення попелу та відходів горіння, колосники, які обладнані механічним розрихлювачем.

Для інтенсифікації процесу горіння палива передбачено встановлення вентиляторів піддуву повітря. Корпус котла тепло ізольований. Для автоматизації процесу горіння передбачено встановлення блоку терморегулятора, який залежно від температури нагрітої води на виході включає чи виключає циркуляційний насос та вентилятори піддуву первинного та вторинного повітря. Гази спаленого палива проходять через димохід і поступають у димову трубу. Димохід забезпечений шибером, яким регулюється режим спалення палива.

3.4 Аналіз існуючої схеми очищення викидів при спалюванні фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

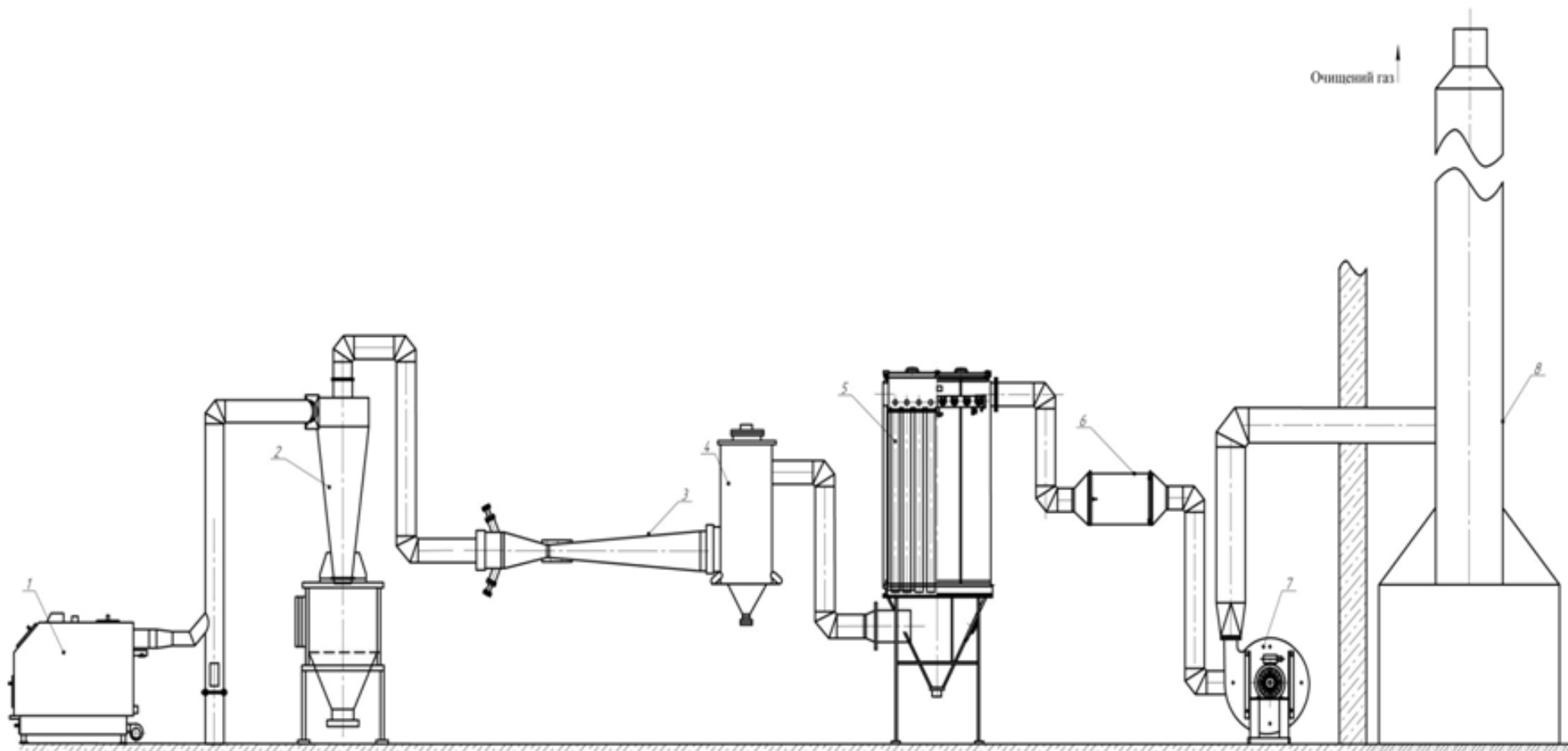
Основними забруднювачами атмосферного повітря від спалювання промасленого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів є велика кількість вуглецю (сажі), інших твердих пилових частинок, які були вловлені фільтром при його експлуатації, газів діоксид азоту, оксид вуглецю, можлива наявність фенол формальдегідних з'єднань, вуглеводнів нафти і т.і. Сажа, що виділяється при спалюванні,

знешкоджується за допомогою пилоосаджувальних пристроїв. Таке обладнання застосовується, зазвичай, як 1-й ступінь очищення. Згідно з вимогами до очищення та характеристиці викидів можна запропонувати такі типи циклонів:

- для очищення газів від дрібного пилу, з середнім медіанним розміром 5–6 мкм, а також при високих вимогах до якості очищення слід використовувати найбільш високоефективні спіральні-довгоконічні циклони СДК-ЦН-33; які призначені для очищення сажегазових і сажеповітряних сумішей;
- СЦН-40, які призначені для високоефективного очищення технологічних газів і вентиляційних викидів від середньо- та дрібнодисперсного пилу в різних галузях промисловості.

Серед мокрих пиловловлювачів найбільшу ефективність очищення газів (повітря) від дрібнодисперсного пилу мають установки з трубою Вентурі (СПУ Вентурі). Більш висока ефективність пиловловлення порівняно з полими газопромивачами досягається у скруберах Вентурі з ефективністю очищення близько 98%, а тому їх можна використати на 2-му ступені очищення. На 3-му ступені очищення пропонується прийняти тканинний рукавний фільтр. Ефективність очищення подібних фільтрів складає до $E = 90 - 98\%$.

Однак, щоб очистити повітря від шкідливих газів таких як бензол, бензин, пропан, фенол, етан, етилен, толуол, масляна кислота, ефірні масла та інші сполуки, які можуть виділятися при згоранні масляних фільтрів, недостатня 3-х ступенева система очищення. Тому для остаточного очищення доцільно використати вугільний фільтр, як 4-у ступінь очищення для вловлювання всіх частинок, органіки і запахів [136–141]. Таким чином, застосовується 4-х ступенева схема (рис. 3.15): 1-й ступінь – циклон СДК-ЦН- 33, 2-й – скрубер Вентурі, 3-й – рукавний фільтр, 4-й – вугільний фільтр.



1 – Котел «РЕТРА 100-3М»; 2 – Циклон СДК-ЦН-33; 3 – Труба Вентурі ГВП; 4 – Краплевловлювач КЦТ;

5 – Рукавний фільтр ФРКИ №5; 6 – Вугільний фільтр СУФ 10; 7 – Вентилятор ВВД №5; 8 – димова труба.

Рисунок 3.12 – Схема очищення газових викидів при спалюванні відпрацьованого промасленого паперу

3.5 Експериментальна перевірка технології спалювання на відповідність екологічним вимогам

Для перевірки технології спалювання відпрацьованого фільтрувального паперу на відповідність екологічним вимогам істотне значення має забезпечення концентрацій шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери на території об'єкту та за межами санітарно-захисної зони нижче максимально разових ГДК цих речовин.

У роботі 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:

Вуглець (сажа) – 2453,50 мг/м³; *CO* – 3338,65 мг/м³; *NO₂* – 116,1 мг/м³; *SO₂* – 248,9 мг/м³.

Знаючи технічні можливості апаратів запропонованої системи очищення викидів, можемо визначити концентрації цих забруднювачів на кожному етапі очищення (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Ефективність очищення викидів

Ступінь очищення	Найменування апарата	Ефективність очищення викидів, %			
		SO ₂	NO ₂	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

Для візуального представлення зміни концентрацій наведені у вигляді діаграм (рисунки 3.13-3.16).

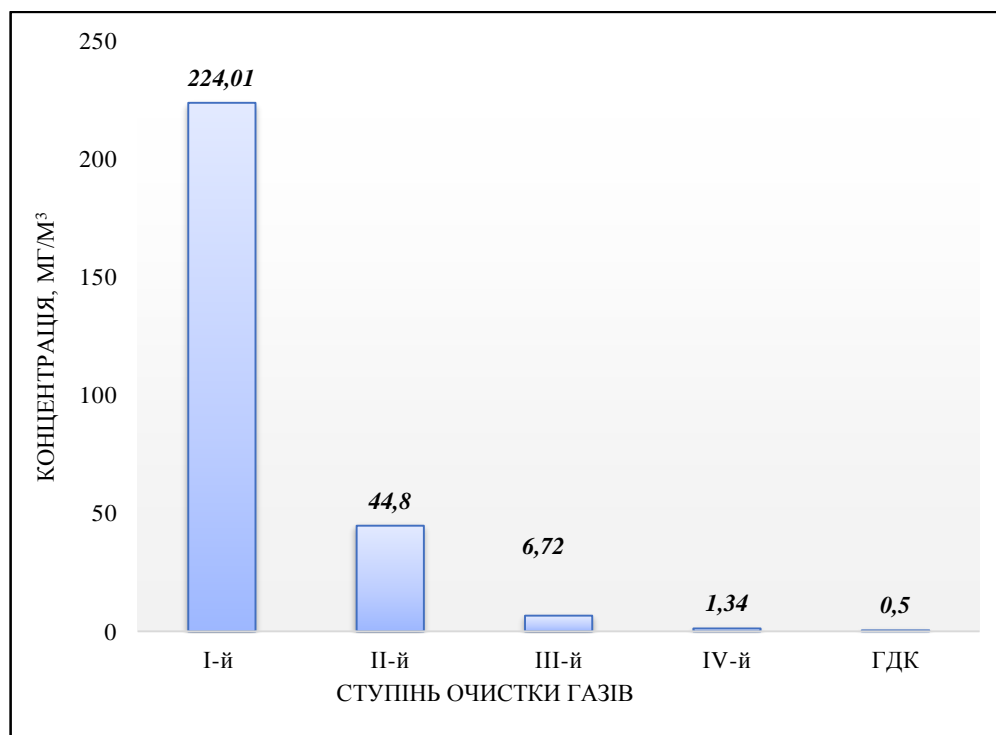


Рисунок 3.13 – Зміна концентрацій сульфур (IV) оксиду

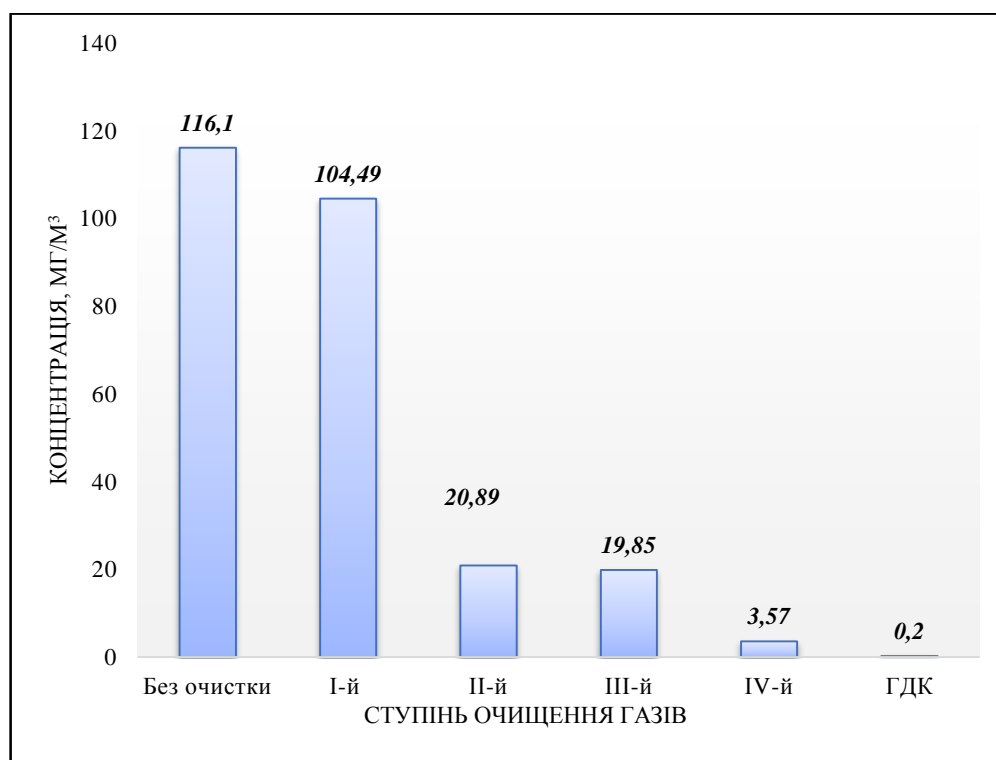


Рисунок 3.14 – Зміна концентрацій нітроген (IV) оксиду

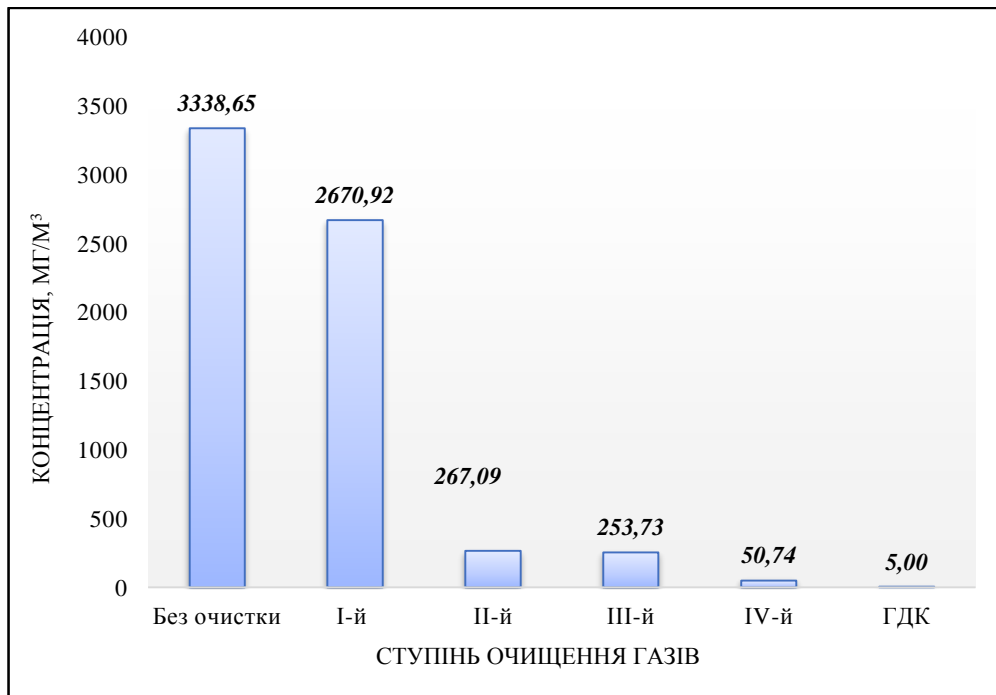


Рисунок 3.15 – Зміна концентрацій карбон оксиду

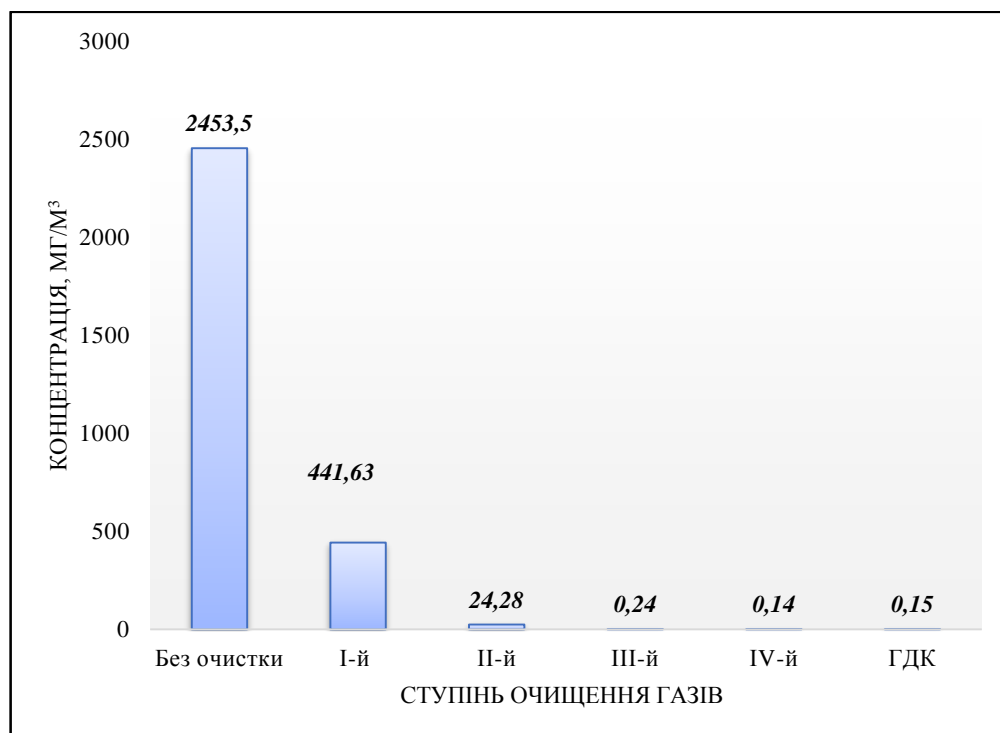


Рисунок 3.16 – Зміна концентрацій вуглецю (сажі)

Як результат, можна відзначити, що в очищенні димових газів від газоподібних речовин значну роль відіграють скрубери Вентурі та вугільний фільтр, оскільки для вловлювання таких речовин повинні бути присутні явища абсорбції та адсорбції. А для очищення від вуглецю (сажі) важливим є робота

таких апаратів як циклон СДК-ЦН-33 та скруббер Вентурі, в яких затримується найбільша частина вуглецю (сажі).

Можемо відзначити, що застосування 4-х ступеневої схеми очищення викидів має такі недоліки: громіздкість, висока вартість обладнання та енергозатратність у процесі експлуатації. Тому виникла потреба у розробленні технології для зменшення забруднювальних речовин при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів шляхом попереднього промивання фільтрувального паперу мийним розчином з подальшим спалюванням.

Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що обсяги утворення відпрацьованих автомобільних фільтрів, у зв'язку з необхідністю їх частої заміни і кількістю автомобілів, дуже великі. Компонентний склад фільтрів свідчить про можливість отримання економічного ефекту при рециклінгу та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище при їх утилізації [142].

2. Використання енергетичного потенціалу відпрацьованого фільтрувального паперу з залишками відпрацьованого моторного масла дозволяє зменшити щорічні витрати на опалення підприємства ПАТ «НДІ КОЛАН» за рахунок використання газового палива [143].

3. Основними забруднювачами атмосферного повітря при спалюванні промасленого фільтрувального паперу ВАМФ є вуглець (сажа), пилові частинки, сульфур (IV) оксиду, нітроген (IV) оксиду, карбон (II) оксиду, фенолформальдегідні сполуки, вуглеводні нафти і т.і.

4. Застосування схеми очищення димових газів має суттєві недоліки: висока вартість обладнання, енергозатратність та низька надійність у процесі експлуатації. Виходячи з цього, було технологічно змінено підхід до утилізації фільтрувального паперу ВАМФ, а саме – запропоновано проводити спалювання фільтрувального паперу ВАМФ після його очищення від масла шляхом промивання [144, 145].

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЛЯНИХ ФІЛЬТРІВ

4.1 Розроблення технології промивання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних фільтрів

На першому етапі комплексної технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів розробляємо технологію промивання фільтрувального паперу. Для реалізації якої потрібно застосовувати мийні розчини, умови використання й ефективність очищення яких не однакова. Тому необхідно провести дослідження для встановлення максимально ефективного мийного розчину, що дозволить підвищити рівень екологічної безпеки довкілля та забезпечить раціональне природокористування за рахунок максимального вилучення відпрацьованих автомобільних масел з фільтрувального паперу.

4.1.1 Вибір мийного засобу для забрудненого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Для експериментального дослідження процесів рідинного очищення забрудненого фільтрувального паперу ВАМФ від залишкового масла були обрані мийні розчини, склад та характеристика яких наведені в таблиці 4.1.

Промивання першим мийним розчином: сода (50%) та пральний порошок (50 %). Для цього 20 екземплярів фільтрувального паперу ВАМФ зважені та промиті мийним засобом з нагріванням до 100 °С.

Таблиця 4.1 – Склад та характеристики мийних розчинів

№ п/п	Склад мийного розчину	Хімічна формула та характеристика речовин	Загальна назва
1.	Харчова сода + пральний порошок	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%	Na_2CO_3 – натрій карбонат являє собою білий порошок; H_2O_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

Після промивання фільтрувальний папір висушено, та повторно зважено. Результати промивання фільтрувального паперу показані на рисунку 4.1.

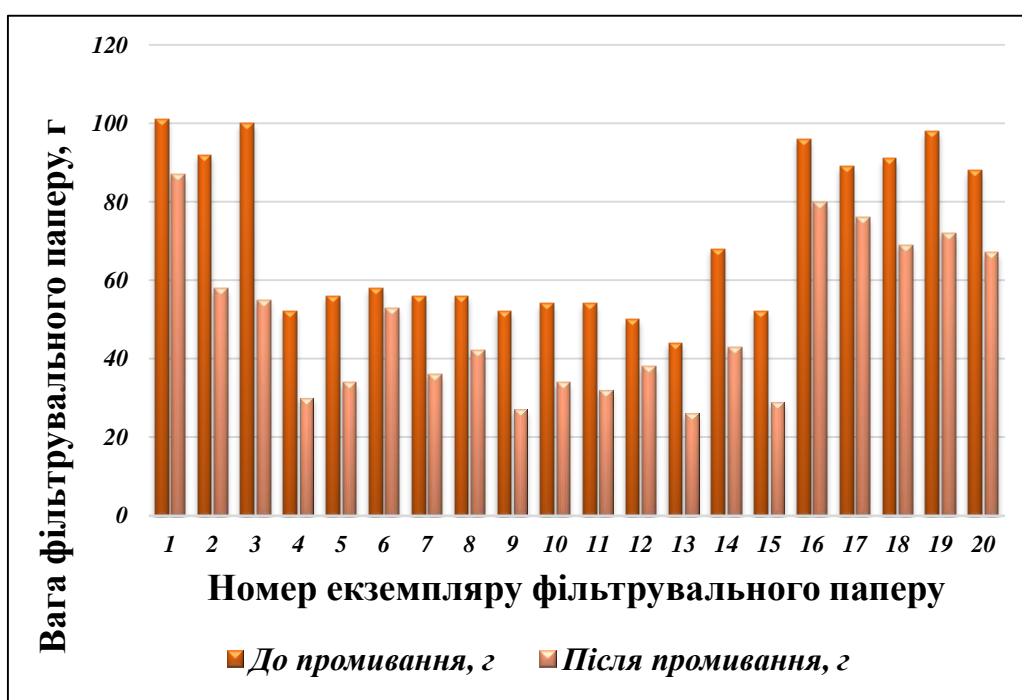


Рисунок 4.1 – Результати промивання фільтрувального паперу харчовою содою та пральним порошком

Графік залежності ефективності очищення фільтрувального паперу харчовою содою та пральним порошком від тривалості промивання наведений на рисунку 4.2.

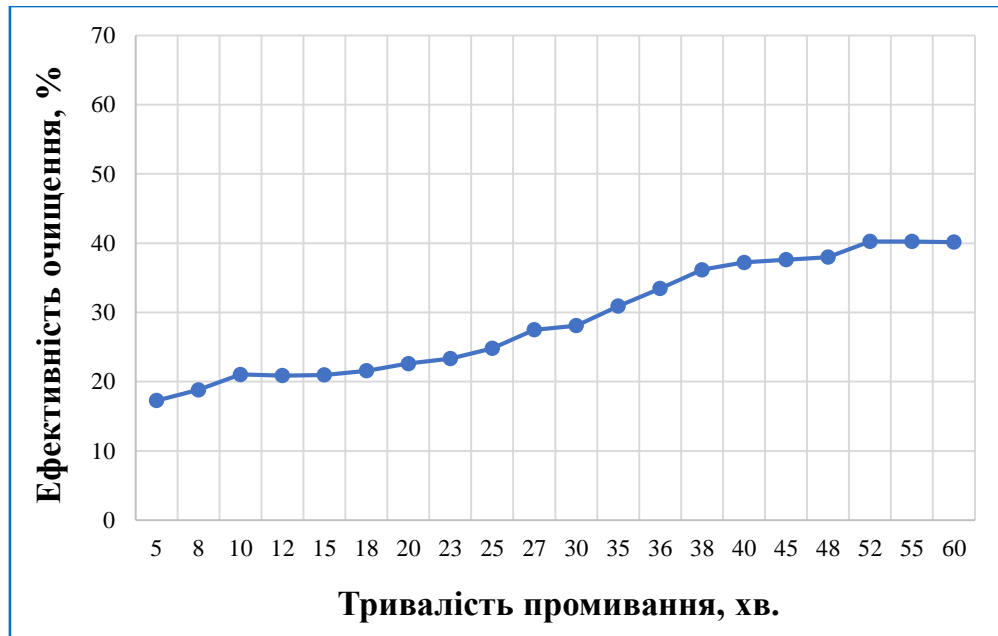


Рисунок 4.2 – Залежність ефективності очищення фільтрувального паперу харчовою содою та пральним порошком від тривалості промивання

Промивання другим мийним розчином: кальцинована сода Na_2CO_3 (30%) та перекисом водню H_2O_2 (70%), з розведенням підігрітою до $60\text{--}70^\circ\text{C}$ водою. Фільтрувальний папір занурюється у підігрітий розчин, відбувається реакція з виділенням великої кількості кисню. Піднімається «масляна шапка», відпрацьоване масло добре відділяється, стає желеподібне та скупчується на поверхні розчину. Відбувається процес флотації (бульбашки газу або краплі масла прилипають до погано змочуваних водою часточок та піднімають їх на поверхню) відпрацьованих нафтопродуктів на поверхні розчину внаслідок виділення бульбашок газу при протіканні реакції: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$.

Утворюється піна, яка виносить залишкові нафтопродукти. Після їх відбору та відстоювання розчин поділяється на дві фази:

- рідина (прозора);
- суспензія (темно-коричнева, масляниста, желеподібна).

Після промивання фільтрувальний папір висушений та повторно зважений, результати показані на рисунку 4.3. Графік залежності ефективності очищення фільтрувального паперу кальцинованою содою та перекисом водню (35%) від тривалості промивання наведений на рисунку 4.4.

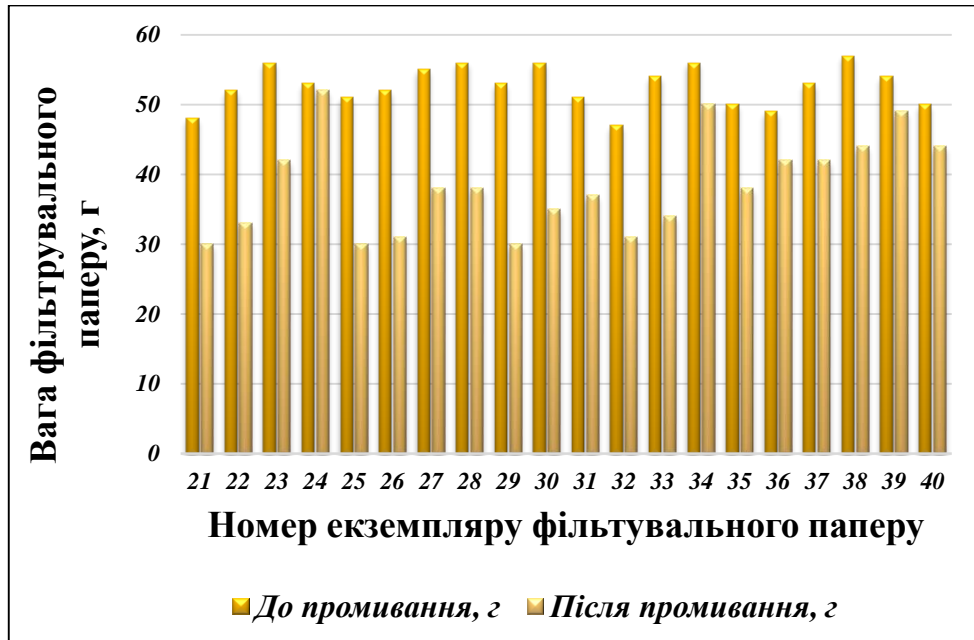


Рисунок 4.3 – Результати промивання фільтрувального паперу кальцинованою содою і перекисом водню.



Рисунок 4.4 – Залежність ефективності очищення фільтрувального паперу кальцинованою содою та перекисом водню від тривалості промивання

Дослідження показали більш ефективне очищення фільтрувального паперу з достатнім вилученням залишкових нафтопродуктів. Окрім цього, після протікання реакції з виділенням кисню, у рідині, що утворилась, відсутні домішки, притаманні складу розчину який утворювався у попередньому дослідженні, а саме фосфатів, ПАР та інших, характерних для складу мийних розчинів.

Третім способом запропоновано використання мийного розчину на основі перкарбонату натрію. Промивання фільтрувального паперу ВАМФ флотаційним способом полягає у процесі швидкого розпаду перекису водню при додаванні його у розчин, підігрітого до 70°C. Відбувається виділення активного кисню, який є високоефективним флотаційним агентом, що виносить всі нафтозабруднення з фільтрувального паперу на поверхню розчину у вигляді «нафтової шапки». При цьому спостерігається чітке розділення фаз: очищений відпрацьований фільтрувальний папір – відпрацьований мийний розчин – нафтопродукт.

Після промивання фільтрувальний папір висушений та повторно зважений, результати представлені на рисунку 4.5. Графік залежності ефективності очищення фільтрувального паперу перкарбонатом натрію від тривалості промивання наведений на рисунку 4.6.

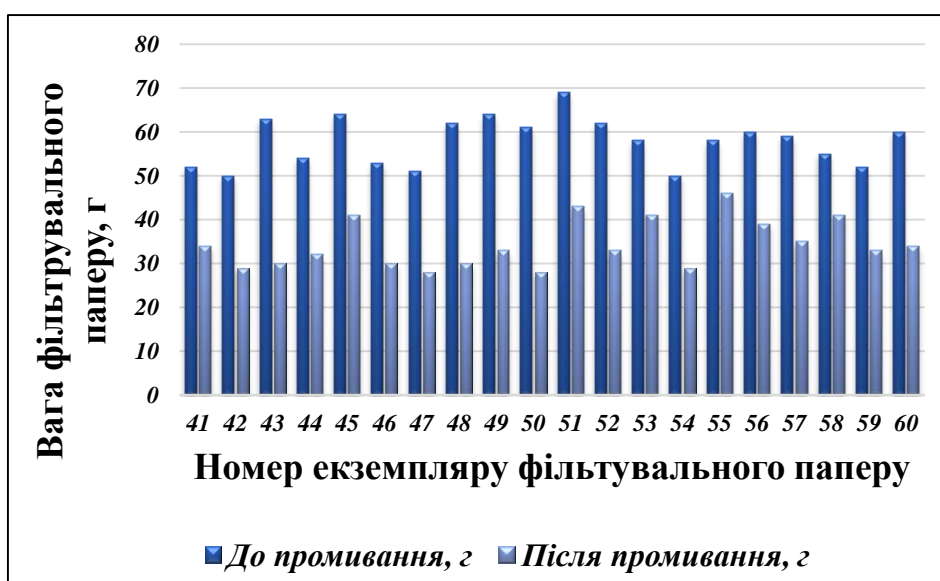


Рисунок 4.5 – Результати промивання фільтрувального паперу перкарбонатом натрію.



Рисунок 4.6 – Залежність ефективності очищення фільтрувального паперу перкарбонатом натрію від тривалості промивання

Для узагальнення та представлення результатів дослідження на одному графіку, була обрана система координат, яка демонструє всі три способи оброблення фільтрувального паперу ВМФ. У результаті оброблення даних отримано графік для порівняння ефективності мийних розчинів, який наведено на рисунку 4.7.

На підставі проведених експериментальних досліджень зроблено висновок, що найбільш перспективною пероксидною сполукою для вирішення поставленої задачі є перкарбонат натрію $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$ – хімічна сполука яка є безпечним і зручним носієм пероксиду водню. Окрім цього, проведено дослідження відпрацьованого мийного розчину, який утворюється у результаті фізико-хімічного очищення відпрацьованого фільтрувального паперу ВМФ. Вміст нафтопродуктів у розчині 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.

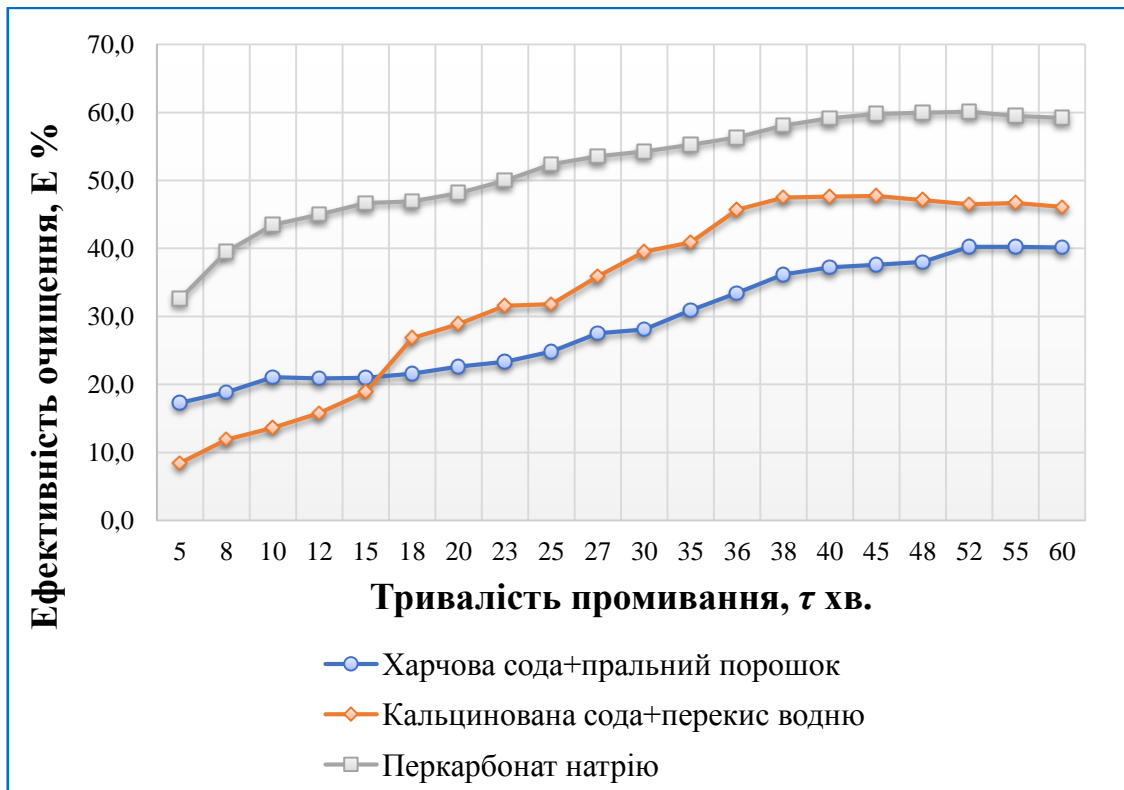


Рисунок 4.7 – Порівняння ефективності очищення фільтрувального паперу ВАМФ за допомогою мийних розчинів

4.1.2 Побудова математичної моделі процесу промивання забрудненого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Дослідження ефективності очищення фільтрувального паперу проводимо на основі матриці планування експерименту, що реалізує повний факторний експеримент $N = 2^k = 2^4 = 16$. Основний рівень й інтервал варіювання факторів узяті з результатів аналізу попередніх дослідів і прийнято варіювати їх на двох рівнях. Інтервали зміни факторів та їх значення у натуральному масштабі на основному, верхньому та нижньому рівнях наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Рівні факторів, що визначають ефективність вилучення залишкового умісту масла

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

Кодування значень факторів x_i проводиться за співвідношенням:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}; \quad (4.1)$$

де Δx_i – інтервал варіювання, значення і-го фактора у кодованому масштабі,

$$\Delta X_i = \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{2}; \quad (4.2)$$

де x_i – значення і-го фактора у натуральному масштабі та максимальному або мінімальному рівні;

x_{i0} – середнє значення і-го фактора у натуральному масштабі.

Кодовані значення факторів x_i зв'язані з натуральними факторами C, t, τ, Δm, співвідношеннями:

$$x_1 = \frac{C - \left(\frac{C_{\max} + C_{\min}}{2}\right)}{\frac{C_{\max} - C_{\min}}{2}} = \frac{C - \left(\frac{150 + 50}{2}\right)}{\frac{150 - 50}{2}} = \frac{C - 100}{50}; \quad (4.3)$$

$$x_2 = \frac{t - \left(\frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}\right)}{\frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}} = \frac{t - \left(\frac{70 + 40}{2}\right)}{\frac{70 - 40}{2}} = \frac{t - 55}{15}; \quad (4.4)$$

$$x_3 = \frac{\tau - \left(\frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}\right)}{\frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}} = \frac{\tau - \left(\frac{21 + 9}{2}\right)}{\frac{21 - 9}{2}} = \frac{\tau - 15}{6}; \quad (4.5)$$

$$x_4 = \frac{\Delta m - \left(\frac{\Delta m_{\max} + \Delta m_{\min}}{2}\right)}{\frac{\Delta m_{\max} - \Delta m_{\min}}{2}} = \frac{\Delta m - \left(\frac{6,51 + 4,12}{2}\right)}{\frac{6,51 - 4,12}{2}} = \frac{\Delta m - 5,315}{1,195}. \quad (4.6)$$

У відповідності з обраним планом експерименту (2^4) виконано 16 дослідів (таблиця 4.3), кожний з яких повторювали 3 рази (таблиця 4.4).

Таблиця 4.3 – Матриця планування експерименту

№ досліду	x_1	x_2	x_3	x_4	y
1	+	+	+	+	56,1
2	-	+	+	+	55,3
3	+	-	+	+	46,9
4	-	-	+	+	45
5	+	+	-	+	52,4
6	-	+	-	+	42,8
7	+	-	-	+	35,8
8	-	-	-	+	30,6
9	+	+	+	-	35,8
10	-	+	+	-	27,8
11	+	-	+	-	25,6
12	-	-	+	-	17,8
13	+	+	-	-	25,8
14	-	+	-	-	17,8
15	+	-	-	-	12,5
16	-	-	-	-	8,9

Далі представлена послідовність оброблення результатів експерименту, для рівномірного дублювання дослідів. Розраховуємо дисперсію для кожного досліду, а потім перевіряємо однорідність ряду построчних дисперсій. Для цього розраховуємо величину критерію Кохрена:

$$G^{\text{розр}} = S_{y_{i\text{max}}}^2 / \sum S_{y_i}^2 = 9,88/54,17 = 0,18.$$

При $\alpha = 0,05$, числі ступенів свободи $f = n-1=2$ і числі дослідів $N = 16$, табличне значення:

$$G_{0,05;2;16}^{\text{табл}} = 0,322.$$

Оскільки виконується умова $G^{\text{розр}} < G^{\text{табл}}$, тобто $0,18 < 0,322$, тому ряд дисперсій можна вважати однорідним.

За матрицею планування та результатами дослідів розраховуємо коефіцієнти регресії та отримуємо наступні значення:

$$a_0 = \frac{1}{16}(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} + y_{15} + y_{16});$$

$$a_0 = 32,89; \quad a_1 = 2,56; \quad a_2 = 5,92; \quad a_3 = 5,48; \quad a_4 = 11,81.$$

Таблиця 4.4 – Зведені дані повного факторного експерименту

№ дослідів	$U_{\text{експ}}$	$\bar{y}_{\text{експ}}$	$S_{y_i}^2$ (дисперсія)	Урозра (не розкодоване)	$ \Delta y $	Δy^2
1	55	56,1	6,26	58,66	2,56	6,55
	59					
	54,4					
2	52,6	55,3	5,89	53,54	1,76	3,09
	57,3					
	56					
3	45,7	46,9	1,89	46,82	0,08	0,006
	48,4					
	46,6					
4	43,8	45	1,45	41,7	3,3	10,89
	46,2					
	44,9					
5	54,3	52,4	2,71	47,7	4,7	22,09
	51,5					
	51,4					
6	40,9	42,8	3,61	42,58	0,22	0,048
	44,7					
	42,8					
7	34,6	35,8	2,08	35,86	0,06	0,004
	35,4					
	37,4					
8	27,2	30,6	9,88	30,74	0,14	0,02
	33,4					
	31,2					

кінець таблиці 4.4

№ досліджу	$U_{експ}$	$\bar{y}_{експ}$	$S_{уи}^2$ (дисперсія)	$U_{розр}$ (не розкодоване)	$ \Delta y $	Δy^2
9	33,5	35,8	4,35	35,04	0,76	0,58
	37,6					
	36,2					
10	26,1	27,8	2,45	29,92	2,12	4,49
	29,2					
	28,0					
11	26,6	25,6	1,71	23,2	2,4	5,76
	26,0					
	24,1					
12	16,8	17,8	1,13	18,08	0,28	0,08
	18,9					
	17,6					
13	23,8	25,8	2,91	24,17	1,63	2,66
	26,8					
	26,7					
14	15,6	17,8	3,75	18,96	1,16	1,35
	18,9					
	19,0					
15	14,1	12,5	2,15	12,24	0,26	0,07
	11,2					
	12,3					
16	10,4	8,9	1,99	7,12	1,78	3,17
	8,7					
	7,6					
Σ			54,17			60,86

Перевіряємо статистичну значущість коефіцієнтів за t-критерієм Стьюдента. Розраховуємо довірчий інтервал за формулою:

$$\Delta a_i = t_{\alpha; f1} \cdot S_{ai}; \quad (4.7)$$

де $t_{\alpha; f1}$ – критерій Стьюдента, табличне значення,

S_{ai} – середньоквадратична похибка у визначенні коефіцієнта регресії.

$$\Delta a_i = 2,04 \cdot 0,26 = 0,53.$$

Коефіцієнти, абсолютне значення яких дорівнює довірчому інтервалу або більше, слід визнати статистично значущими. У даному випадку всі коефіцієнти є значущими.

Після реалізації повного факторного експерименту 2^4 отримано наступне рівняння регресії:

$$y = 32,89 + 2,56 \cdot x_1 + 5,92 \cdot x_2 + 5,48 \cdot x_3 + 11,81 \cdot x_4 \quad (4.8)$$

Перевіряємо адекватність моделі. Гіпотезу про адекватність моделі перевіряємо за критерієм Фішера. Розрахункове значення F-критерію визначаємо за формулою:

$$F_{f2;f1}^{\text{розр}} = S_{\text{неад}}^2 / S_y^2; \quad (4.9)$$

де S_y^2 – дисперсія досліду;

$S_{\text{неад}}^2$ – дисперсія неадекватності, яку при рівномірному дублюванню розраховують наступним чином

$$SS_{\text{неад}} = n \cdot \sum_{i=1}^N (y_{i \text{ розр}} - \bar{y}_{i \text{ експ}})^2; \quad (4.10)$$

Гіпотезу про адекватність рівняння приймають тоді, коли розрахункове значення F – критерію на перевищує табличне для обраного рівня значущості:

$$F_{f2;f1}^{\text{розр}} = 16,6 / 3,39 = 4,89; \quad F_{0,01;11;32}^{\text{табл}} = 2,90.$$

Розрахунковий критерій більше табличного, як при 1% ($F_{0,01;11;32}^{\text{табл}} = 2,90$), так і при 5% ($F_{0,05;11;32}^{\text{табл}} = 2,12$) рівнях значущості.

Отже з метою отримання адекватної моделі вирішено застосувати розширену матрицю планування експерименту 2^4 . В цьому випадку ефект одного

з факторів залежить від рівня, на якому знаходиться інший – тобто ефект взаємодії двох чи більшого числа факторів. Повний факторний експеримент дозволить кількісно оцінити ефекти взаємодії.

Для розрахунку коефіцієнтів регресії моделі побудовано розширену матрицю планування, яка разом з результатами дослідів і перевіркою значущості коефіцієнтів регресії наведені у таблиці 4.5.

Після реалізації повного факторного експерименту 2^4 з розширеною матрицею плану отримано наступне рівняння регресії:

$$y = 33,56 + 2,81 \cdot x_1 + 5,67 \cdot x_2 + 5,23 \cdot x_3 + 12,06 \cdot x_4 - 0,62 \cdot x_1 \cdot x_4 - 0,71 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,61 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 1,019 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,606 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \quad (4.11)$$

Гіпотезу про адекватність моделі перевіряємо за критерієм Фішера, його розрахункове значення при $f_2 = 6$; $a = 0,01$:

$$F_{f_2; f_1}^{\text{розр}} = 9,74 / 3,39 = 2,87; \quad F_{0,01; 6; 32}^{\text{табл}} = 3,47.$$

Розрахункове значення критерію Фішера менше табличного при 1 %-му рівні значущості. Отже, гіпотеза про адекватність моделі на відкидається, а отримане рівняння регресії адекватно описує експеримент.

З отриманого рівняння видно, що найбільший вплив на ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ має початковий вміст масла у фільтрувальному папері; температура та тривалість промивання впливає приблизно однаково, а кількість мийного засобу – найменше. Що стосується ефекту взаємодії різних факторів, то можна виділити сумісний вплив кількості мийного засобу, тривалості промивання та початкового вмісту масла.

Таблиця 4.5 – Розширена матриця плану, результати дослідів і перевірка значущості коефіцієнтів регресії

Номер дослідів	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_1x_2	x_1x_3	x_1x_4	x_2x_3	x_2x_4	x_3x_4	$x_1x_2x_3$	$x_1x_2x_4$	$x_1x_3x_4$	$x_2x_3x_4$	$x_1x_2x_3x_4$	y
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	56,1
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	55,3
3	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	46,9
4	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	45
5	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	52,4
6	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	42,8
7	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	35,8
8	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	30,6
9	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	35,8
10	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	27,8
11	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	25,6
12	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	17,8
13	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	25,8
14	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	17,8
15	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	12,5
16	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	8,9
Критерій Стюдента $f = 32$; $a = 0,05$; $t_T = 2,04$; $t_P = 0,53$																	
b_i	33,56	2,81	5,67	5,23	12,06	0,49	-0,49	-0,62	-0,71	0,37	-0,02	-0,61	0,08	-1,019	-0,46	-0,606	
Висновок	зн	зн	зн	зн	зн	нз	нз	зн	зн	нз	нз	зн	нз	зн	нз	зн	

Для візуалізації аналізу отриманої математичної моделі побудовано діаграму впливу факторів на ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ (рисунок 4.8).

Від'ємні значення означають, що при зменшенні фактору збільшується параметр відгуку, додатні значення означають, що при збільшенні фактору збільшується параметр відгуку.

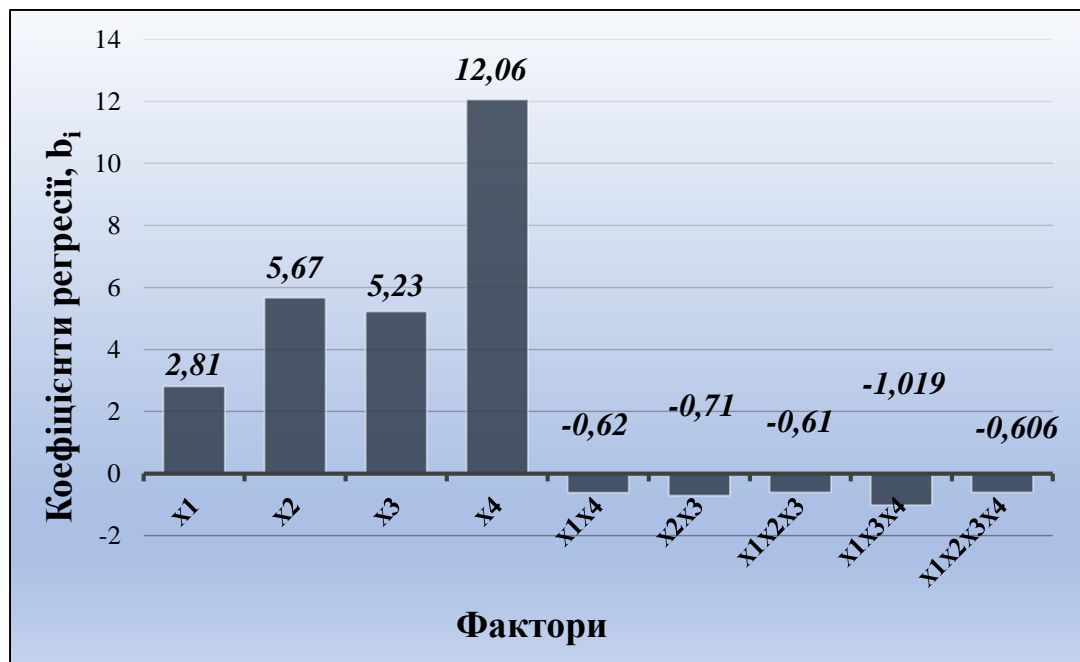


Рисунок 4.8 – Діаграма впливу факторів на ефективність очищення фільтрувального паперу ВАМФ

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

$$\begin{aligned}
 E = & -59,57 + 0,056c + 0,378t + 0,872\tau + 10,092\Delta m - 0,519\left(\frac{1}{50}c - 2\right) \\
 & (\Delta m - 5,315) - 0,71\left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{3}\right)\left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2}\right) - 0,61\left(\frac{1}{50}c - 2\right)\left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{3}\right) \\
 & \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2}\right) - 0,853\left(\frac{1}{50}c - 2\right)\left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2}\right)(\Delta m - 5,315) - 0,507\left(\frac{1}{50}c - 2\right) \\
 & \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{3}\right)\left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2}\right)(\Delta m - 5,315). \quad (4.12)
 \end{aligned}$$

Дослідимо одержану функцію на екстремуми методами диференціального числення. Встановлення точок екстремуму відбувається у два етапи: з'ясування стаціонарних (критичних) точок і перевірка виконання достатніх умов екстремуму в одержаних точках (Додаток В.1).

Для встановлення стаціонарних точок знайдемо перші частинні похідні даної функції за всіма змінними та одночасно прирівняємо їх до нуля (необхідна умова екстремуму функції багатьох змінних). У результаті одержимо наступну нелінійну систему рівнянь 4.13.

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,111 - 0,010\Delta m - 0,012 \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{13} \right) \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) - 0,017 \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5,315) - \\ \quad - 0,010 \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{13} \right) \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5,315) = 0; \\ 0,496 - 0,008\tau - 0,041 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) - 0,034 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5,315) = 0; \\ 1,306 - 0,008t - 0,102 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{13} \right) - 0,142 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) (\Delta m - 5,315) - \\ \quad - 0,085 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{13} \right) (\Delta m - 5,315) = 0; \\ 11,129 - 0,01c - 0,852 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) - 0,507 \left(\frac{1}{50}c - 2 \right) \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{13} \right) \left(\frac{1}{6}\tau - \frac{5}{2} \right) = 0. \end{array} \right. \quad (4.13)$$

Розв'язком останньої системи є наступні набори змінних:

- 1) $C = 248,91$ г, $t = 75,91$ °С, $\tau = 26,04$ хв., $\Delta m = 5,68$ г;
- 2) $C = 114,79$ г, $t = 162,76$ °С, $\tau = 59,83$ хв., $\Delta m = 4,44$ г;
- 3) $C = -274,39$ г, $t = 43,33$ °С, $\tau = -9,45$ хв., $\Delta m = 4,67$ г;
- 4) $C = 1039,12$ г, $t = 35,87$ °С, $\tau = 15,53$ хв., $\Delta m = 10,68$ г.

Очевидно, що третій випадок не має фізичного змісту, а четвертий є економічно неефективним. Тому розглянемо перші два випадки.

Для перевірки достатніх умов екстремуму складемо матрицю Гессе (4.14), яка має вигляд

$$\left(\begin{array}{cccc} \frac{\partial^2 E}{\partial c^2} & \frac{\partial^2 E}{\partial c \partial t} & \frac{\partial^2 E}{\partial c \partial \tau} & \frac{\partial^2 E}{\partial c \partial \Delta m} \\ \frac{\partial^2 E}{\partial t \partial c} & \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} & \frac{\partial^2 E}{\partial t \partial \tau} & \frac{\partial^2 E}{\partial t \partial \Delta m} \\ \frac{\partial^2 E}{\partial \tau \partial c} & \frac{\partial^2 E}{\partial \tau \partial t} & \frac{\partial^2 E}{\partial \tau^2} & \frac{\partial^2 E}{\partial \tau \partial \Delta m} \\ \frac{\partial^2 E}{\partial (\Delta m) \partial c} & \frac{\partial^2 E}{\partial (\Delta m) \partial t} & \frac{\partial^2 E}{\partial (\Delta m) \partial \tau} & \frac{\partial^2 E}{\partial (\Delta m)^2} \end{array} \right) \quad (4.14)$$

Згідно достатніх умов екстремуму для існування у певній точці локального максимуму чи мінімуму матриця Гессе у даній точці повинна бути додатньо або від'ємно визначеною. Останнє можна встановити за критерієм Сильвестра, який стверджує, що для додатньо визначеної матриці всі її мінори, розташовані у верхньому лівому куті, повинні бути додатні; а для від'ємно визначеної їх знаки повинні чергуватися, починаючи з мінуса.

Оскільки у даному випадку мінор першого порядку, розташований у верхньому лівому куті матриці Гессе $\left(\frac{\partial^2 E}{\partial c^2}\right)$ дорівнює нулю, то дана функція не має точок екстремуму.

Надавши двом змінним конкретних значень, одержимо частинні випадки моделі (4.12). Вони є функціями двох змінних, тому допускають графічне представлення. Наведемо деякі з них та відповідні їм поверхні відгуку, що належать до класу гіперболічних параболоїдів.

Знайдемо частинні випадки зображення функції ефективності, надавши двом змінним сталих значень, що дозволить перейти у тривимірний простір і побудувати поверхні відгуку.

Випадок 1.

При $\tau = 21\text{г}$, $\Delta m = 6,51\text{г}$, функція має вигляд

$$E = 21,404 + 0,1126C + 0,4928t - 0,00162Ct$$

Встановимо тип поверхні другого порядку, що є графіком даної функції. Для цього запишемо визначник, що складається зі старших коефіцієнтів даного многочлена

$$\begin{vmatrix} 0 & -0,00162 \\ -0,00162 & 0 \end{vmatrix} < 0.$$

Тому дана поверхня є гіперболічним параболоїдом. Така функція, як відомо не має точок екстремуму, але має сідлову точку, яка є стаціонарною. Знайдемо її, використовуючи необхідну умову екстремуму функції двох змінних. Детальні розрахунки виконано в пакеті Maple 13 та наведено у Додатку В.2.

Одержано сідлову точку з наступними координатами та значенням ефективності: $C = 303,95$ г; $t = 69,45$ °С, $E = 55,63$ %.

Поверхня відгуку в даному випадку має вигляд (рисунок 4.9)

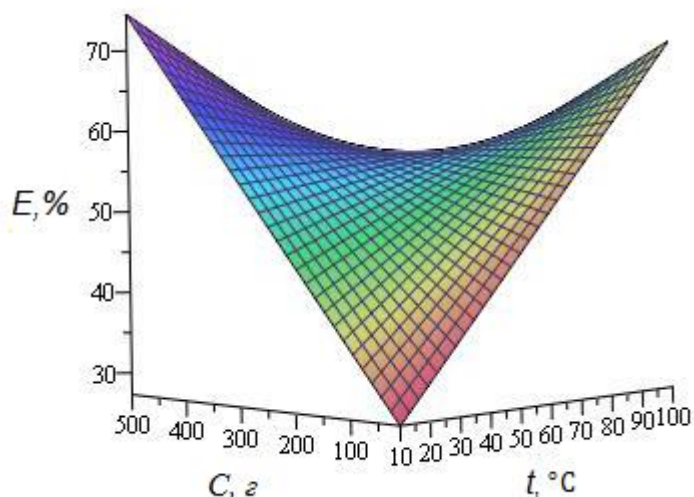


Рисунок 4.9 – Поверхня відгуку для першого випадку

Випадок 2.

При $t = 70$ °С, $\Delta m = 6,51$ г, функція має вигляд

$$E = 24,435 + 0,1556C + 1,4983\tau - 0,0075C\tau$$

Аналогічно до попереднього встановимо тип поверхні другого порядку, що є графіком даної функції. Визначник зі старших коефіцієнтів цього многочлена при цьому набуде вигляду

$$\begin{vmatrix} 0 & -0,0075 \\ -0,0075 & 0 \end{vmatrix} < 0.$$

Отже, така поверхня є гіперболічним параболоїдом. Тому ця функція не має точок екстремуму, а має стаціонарну точку, що є сідловою. Знайдемо її, використовуючи необхідну умову екстремуму функції двох змінних за допомогою математичного пакету Maple 13 (Додаток В.3).

Одержано сідлову точку з наступними координатами та значенням ефективності: $C = 201,12$ г; $\tau = 20,88$ хв., $E = 55,72$ %.

Поверхня відгуку в даному випадку має вигляд (рисунок 4.10)

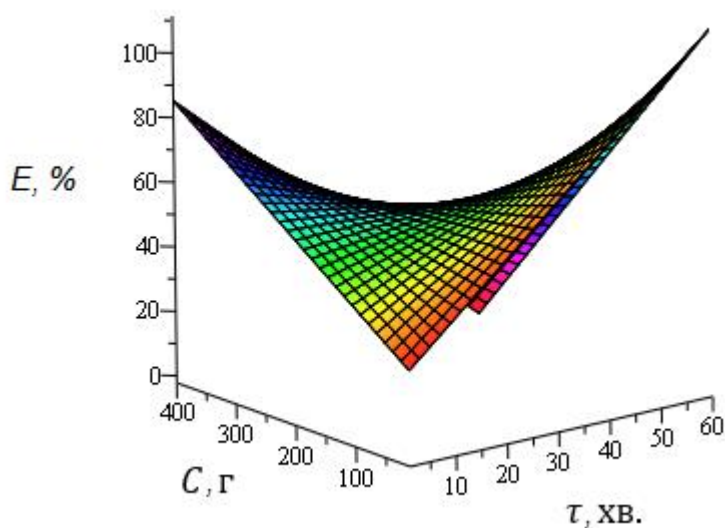


Рисунок 4.10 – Поверхня відгуку для другого випадку

Випадок 3.

При $\tau = 21$ хв., $C = 150$ г функція має вигляд

$$E = -20,6995 + 0,29t + 8,721C - 0,5071 \left(\frac{1}{15}t - \frac{11}{3} \right) (\Delta m - 5,315)$$

Встановимо тип поверхні другого порядку, що є графіком даної функції. Для цього запишемо визначник, що складається зі старших коефіцієнтів даного многочлена

$$\begin{vmatrix} 0 & -0,0338 \\ -0,0338 & 0 \end{vmatrix} < 0.$$

Тому така поверхня є гіперболічним параболоїдом. Ця функція, як відомо не має точок екстремуму, але має сідлову точку, яка є стаціонарною. Знайдемо її, використовуючи необхідну умову екстремуму функції двох змінних. Детальні розрахунки виконано в пакеті Maple 13 (Додаток В.4).

Одержано сідлову точку з наступними координатами та значенням ефективності: $\Delta m = 13,89$ г, $t = 312,95$ °С, $E = 116,44$.

Поверхня відгуку в даному випадку має вигляд (рисунок 4.11)

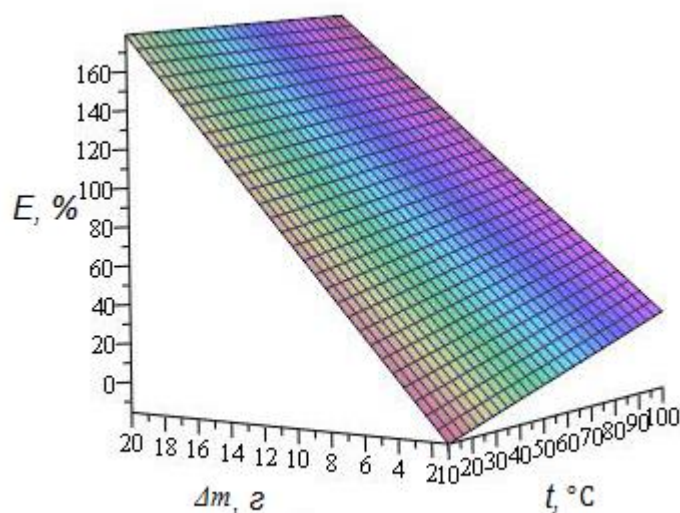


Рисунок 4.11 – Поверхня відгуку для третього випадку

Випадок 4.

При $C = 150$ г, $\Delta m = 6,51$ г, функція має вигляд

$$E = -1,1625 + 0,699t + 1,8789\tau - 0,0214t\tau$$

Аналогічно до попередніх випадків встановимо тип поверхні, що є графіком даної функції. Визначник зі старших коефіцієнтів при цьому набуває вигляд

$$\begin{vmatrix} 0 & -0,0214 \\ -0,0214 & 0 \end{vmatrix} < 0.$$

Отже, ця поверхня є гіперболічним параболоїдом. Тому така функція не має точок екстремуму, а має стаціонарну точку, що є сідловою. Знайдемо її, використовуючи необхідну умову екстремуму функції двох змінних за допомогою математичного пакету Maple 13 (Додаток В.5).

Одержано сідлову точку з наступними координатами та значенням ефективності: $t = 87,79$ °С, $\tau = 32,67$ хв., $E = 60,21$ %.

Поверхня відгуку в даному випадку має вигляд (рисунок 4.12).

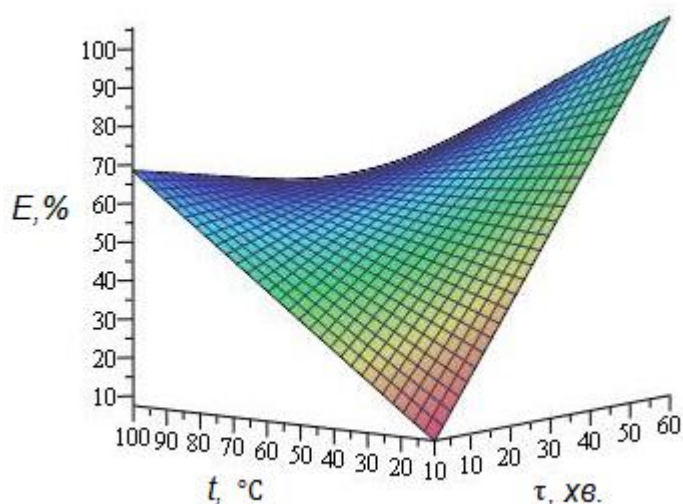


Рисунок 4.12 – Поверхня відгуку для четвертого випадку

В результаті проведених математичних розрахунків і досліджень одержаної функції встановлено оптимальне співвідношення параметрів

$$C = 150 \text{ г}, \Delta m = 6,51 \text{ г}, t = 87,79 \text{ }^\circ\text{C}, \tau = 32,67 \text{ хв.}, E = 60,21 \%$$

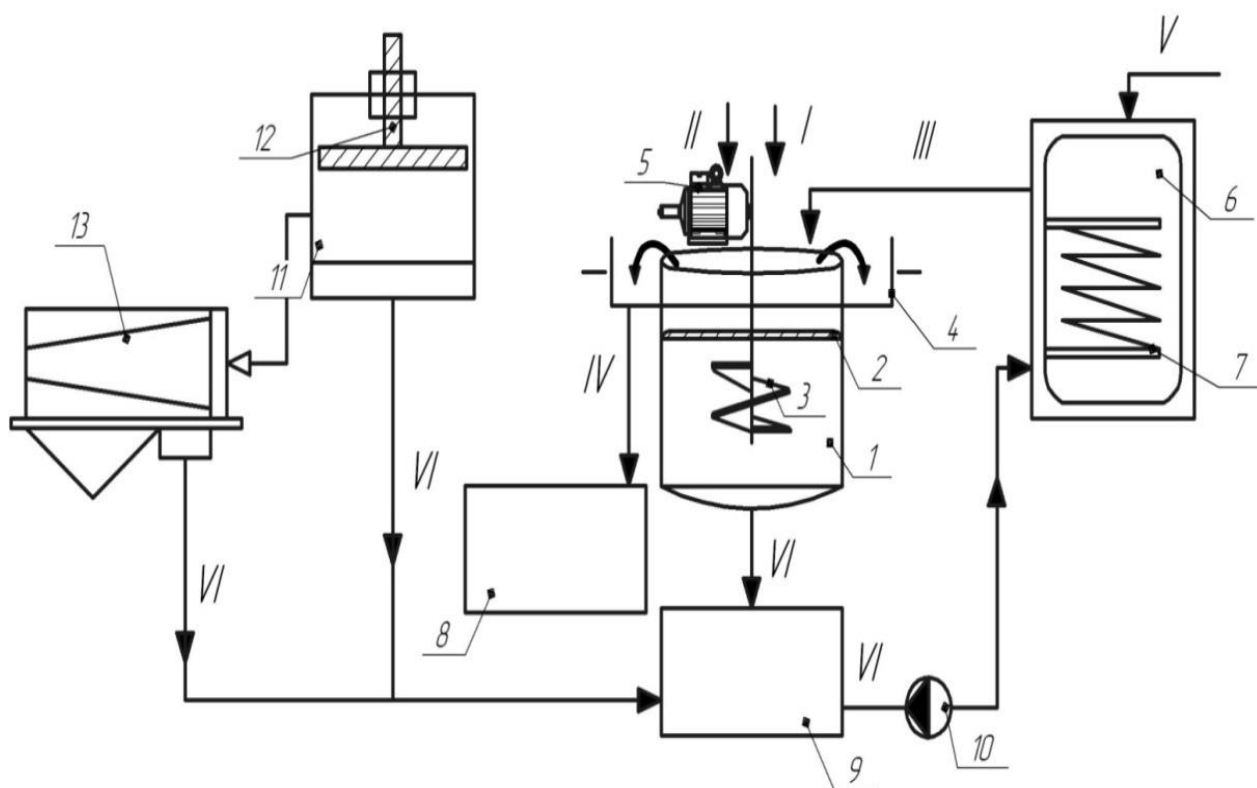
(Випадок 4) для досягнення максимальної ефективності процесу промивання фільтрувального паперу ВАМФ.

4.1.3 Розроблення конструкції установки для промивання забрудненого фільтрувального паперу

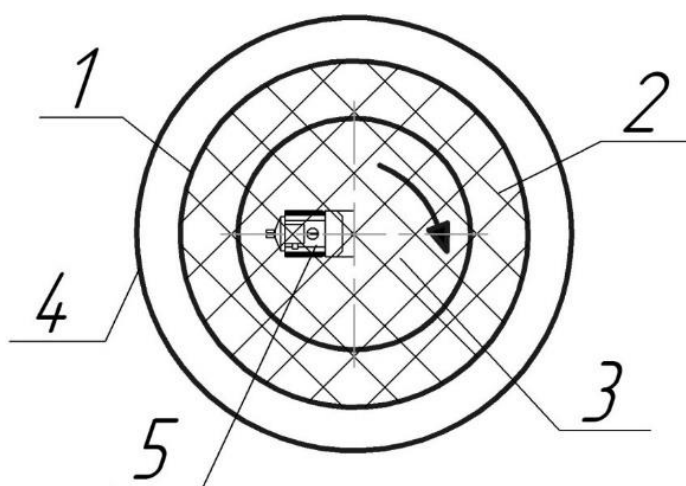
Для зниження навантаження на навколишнє природне середовище та зменшення кількості забруднювальних речовин, що потрапляють у довкілля, розроблена установка для промивання промасленого фільтрувального паперу ВАМФ (рисунок 4.13) [146].

Установка складається з ємкості для промивання фільтрувального паперу 1, утримуючої решітки 2, гвинта 3 та електродвигуна 5, кармана для відведення нафтопродукту 4, баку для приготування гарячої води 6 та нагрівача 7, ємності для збирання нафтопродукту 8, ємності збирання

відпрацьованого миючого розчину 9, насоса 10, ємкості для промитого фільтрувального паперу 11, преса 12 та центрифуги 13.



а) схема установки;



б) розріз ємкості для промивання фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Рисунок 4.13 – Схема установки промивання промасленого фільтрувального паперу ВАМФ

Процес промивання включає такі етапи:

I – загрузку промасленого фільтрувального матеріалу,

II – засипку миючого засобу (перкарбонат натрію) в ємкість 1,

III – нагріта в баку 6 до температури 70 ± 5 °С вода, фільтрувальний папір притискають решіткою 2; за допомогою електродвигуна 5 відбувається механічне переміщення гвинтом 3 фільтрувального паперу в миючому розчині;

IV – залишкове відпрацьоване масло у вигляді «нафтової шапки» видаляється через карман 4 в ємкість 8;

V – додатково, при необхідності, подається у бак 6 свіжа вода, де підігрівається до потрібної температури і подається у ємкість 1;

VI – при технічній необхідності із робочої ємкість 1 відпрацьований миючий зливається у ємкість 9, звідки відкачується насосом 10 у бак 6, підігрівається нагрівачем 7 до температури 80-90 °С і подається у ємкість 1; вивантажують промитий фільтрувальний папір з ємкості 1 у ємкість 11 і віджимають за допомогою перса 12 та центрифуги 13;

VI – вода із ємкостей 11 і 13 подається у ємкість 9, звідки перекачується насосом 10 у бак 6, а фільтрувальний папір утилізується.

Установка відноситься до галузі автомобільної промисловості, а саме до способу вилучення залишкового масла з промасленого фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Використовується з метою вилучення залишків масла з паперу за рахунок промивання фільтрувального паперу мийними засобами та подальшим використанням як альтернативне паливо зі зменшеною кількістю утворених забруднювальних речовин. Подальша утилізація відбувається шляхом спалювання у котлі з отриманням альтернативної теплової енергії.

У результаті проведених теоретичних й експериментальних досліджень розроблена технологія промивання забрудненого фільтрувального паперу, яка включає наступні етапи відповідно до розробленої конструкції установки для промивання (рисунок 4.15).

1. Промаслений фільтрувальний папір завантажують у ємкість 1.
2. Засипають перкарбонат натрію.
3. Заливають нагрітою до температури $70 \pm 5^\circ\text{C}$ водою у баку 6 та притискають утримуючою решіткою 2.
4. За допомогою електродвигуна 5 мішалка 3 механічно перемішує фільтрувальний папір у мийному розчині.
5. Залишкове відпрацьоване масло у вигляді «нафтової шапки» видаляється через карман 4 у ємність 8.
6. За необхідності у бак 6 подається свіжа вода, де підігрівається до потрібної температури та подається у ємність 1.
7. Вивантажують промитий фільтрувальний папір у центрифугу 11 та віджимають.
8. Фільтрувальний папір вивантажують й утилізують, а вода потрапляє у ємкість 9, звідки перекачується насосом 10 у бак 6, де підігрівається нагрівачем 7 та подається у ємкість 1.
9. За технічної необхідності з робочої ємкості 1 відпрацьований мийний розчин зливається у ємкість 9, звідки відкачується насосом 10 у бак 6.

Експериментальні дослідження показали, що запропонований екологічно безпечний мийний засіб, який не містить ПАР, на основі перекису водню, ефективно вилучає залишки масла з фільтрувального паперу ВАМФ завдяки створенню ефекту флотації забруднювача на поверхні розчину. А саме – вилучення залишкового відпрацьованого масла відділенням «нафтової шапки». Фільтрувальний папір віджимають або центрифугують та висушують для подальшої утилізації шляхом спалювання, використовуючи як альтернативне паливо.

Вилучене відпрацьоване автомобільне масло може бути відправлене на регенерацію спеціалізованим підприємствам. Відпрацьований мийний розчин використовується повторно у системі обігового водопостачання. Як зазначалось раніше, вміст нафтопродуктів у ньому становить близько 30 мг/л.

4.1.4 Пропозиції щодо очищення відпрацьованого мийного розчину від нафтопродуктів

При необхідності зупинки процесу промивання для очищення мийного розчину від нафтопродуктів використовується механічний спосіб очищення. Видаляється нафтова плівка з поверхні розчину після відстоювання. Для глибокого очищення використовуються адсорбційні методи. Сорбційні технології є найбільш перспективними напрямками водоочищення, перевагою яких є доступність, висока ефективність, не токсичність і дешевизна. Адсорбенти поділяються на: неорганічні, синтетичні, природні органічні й органомінеральні. Всі вони подібні за своїми сорбційними й іншими характеристиками [147]. З точки зору дешевизни сировини й екологічної безпеки найбільш відомі біосорбенти виготовляються на основі торфу із вмістом нафтоокислювальних мікроорганізмів: «Пит-сорб» (Канада), «Фін-сорб» (Великобританія), «Елькосорб» (Фінляндія), «Мукат-4», «Лісорб» (Білорусь), «Сорбойл» (Росія). В Україні найбільш відомі такі препарати, як: «Десна», «Деворойл», «Еколан», «Еконадін», «Родекс». Вони представляють собою ліофілізовані культури чи пасту, на основі яких виготовляють робочий розчин для оброблення нафтового забруднення з певною кількістю нафтоокислювальних бактерій [148]. Окрім цього синтез гідрофобних високодисперсних сорбентів на основі природної сировини не потребує використання складної технології та значних матеріальних затрат. Це дозволить використовувати запропоновані сорбенти у процесах очищення вод від нафтопродуктів [149, 150].

Впровадження біосорбційного очищення дозволить видалити зі стічних вод нафтопродукти – на 99%. В роботі застосовано біосорбент «Еконадін» («Екологічна надія») – це сучасний й екологічно безпечний засіб для ліквідації наслідків розливів нафти, нафтопродуктів, хімічно небезпечних речовин і органічних масел. Представляє собою бактерії супердеструктори вуглеводнів нафти, іммобілізованих на натуральному

органічному субстраті (верховому сфагновому торфі) за спеціальною технологією. Спеціально селекціоновані бактерії (у кількості 107 у 1 г препарату) окислюють вуглеводні нафти до води (H_2O) та вуглекислого газу (CO_2) та не потребує утилізації.

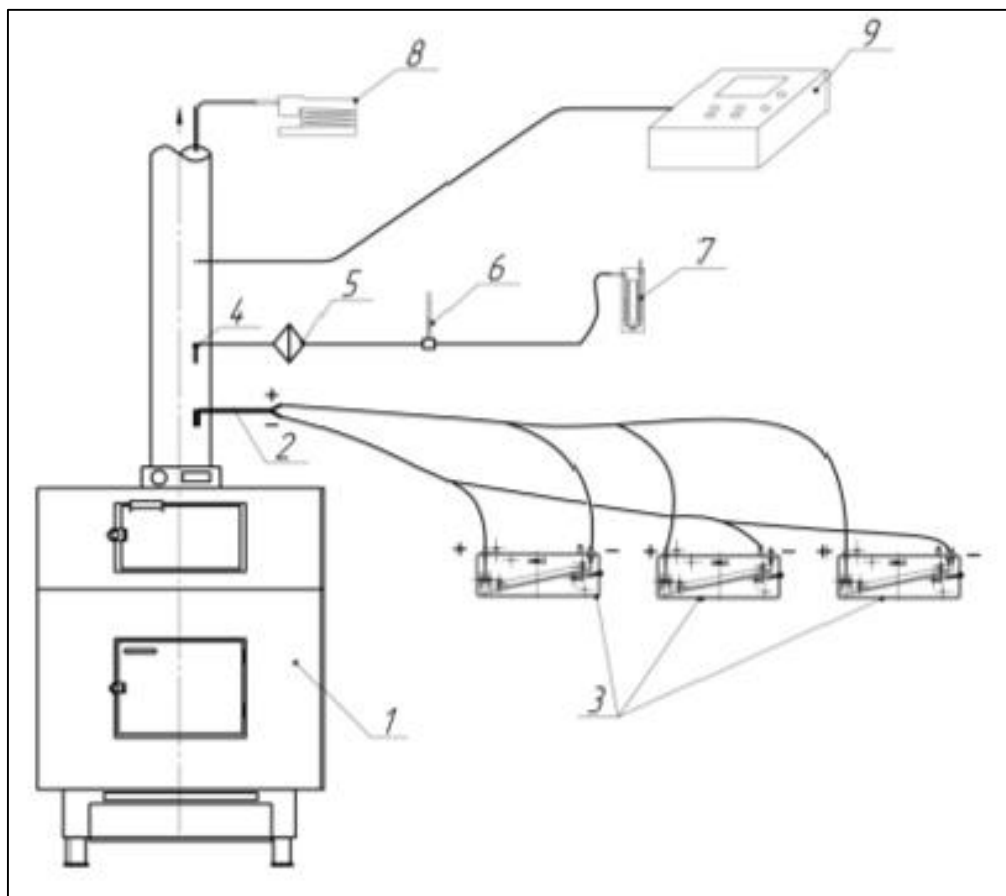
Після відстоювання та вилучення нафтової плівки з поверхні уміст нафтопродуктів у мийному розчині склав близько 30 мг/л, то після застосування біосорбенту «Еконадін» цей показник зменшився у середньому до 0,30 мг/л.

Станом на 01.01.2019 року чинні «Правила приймання стічних вод підприємств у систему каналізації м. Полтава» та затверджені рішенням виконавчого комітету Полтавської міської ради № 158 від 18.08.2016 року. У цих правилах встановлені допустимі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, що приймаються від абонентів Затуринських і Супрунівських очисних споруд. Допустимі концентрації умісту нафтопродуктів установлені на рівні 2,25 мг/л та 1,6 мг/л відповідно. Тому відпрацьований мийний розчин після відстоювання та застосування біосорбенту можна скинути у систему каналізації.

Синтетичні сорбенти мають високу нафтоємність та просту схему регенерації, що реалізується віджиманням поглинених нафтопродуктів з їх повторним використанням. Органомінеральні і природні органічні сорбенти є повністю екологічними, не потребують утилізації та мають надзвичайно високу ефективність очищення [147].

4.2 Аналіз кількісно-якісного складу димових газів при спалюванні фільтрувального паперу, обробленого різними мийними засобами

Проведена раніше підготовка фільтрувального паперу ВАМФ до термічної утилізації дозволила експериментально визначити кількісно-якісний склад продуктів горіння з метою отримання теплової енергії. Для знешкодження небезпечних відходів розроблена конструкція експериментальної печі для спалювання очищеного фільтрувального паперу, яка дає можливість дослідження димових газів (рисунок 4.15).



1 – котел для спалювання; 2 – трубка Піто-Прандтля; 3 – рідинний тягонапоромір ТНЖ з похилою трубкою; 4 – пилозабірна трубка; 5 – фільтр патронний; 6 – термометр; 7 – рідинний манометр; 8 – аспіратор «Accuro» фірми «Dräger»; 9 – газоаналізатор Testo 350 S

Рисунок 4.15 – Конструкція печі для спалювання фільтрувального паперу

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 – чистий фільтрувальний папір.

Експерименти проведено наступним чином. Пробу поміщуємо в піч та спалюємо. Проводимо аналіз утворених димових газів. Визначення концентрацій вуглецю (сажі) здійснюємо гравіметричним методом з використанням аспіратора з фільтр-патроном. Попередньо зважений фільтр вставляємо у фільтротримач, вмикаємо аспіратор для відбору проби досліджуваного повітря за допомогою трубки Піто-Прандтля. Концентрацію розраховуємо як різницю між фільтром із вуглецем (сажею) та чистим фільтром до об'єму пропущеного повітря, приведеного до нормальних умов.

Для визначення температури та складу димових газів застосовано газоаналізатор Testo 350 S. Відбір проб викидів здійснювалось за допомогою пилозабірної трубки.

Для визначення концентрацій фенолу та формальдегіду використано аспіратор «Асциго» фірми «Dräger». Головною складовою апарата є індикаторні трубки, якими виконуються заміри миттєвих концентрацій газу, необхідних для визначення пікових концентрацій у зоні безпосередньої дії на органи дії людини, а також для визначення складу повітря у закритих приміщеннях. У проведених експериментах було визначено концентрації сульфур (IV) оксиду, нітроген (IV) оксиду, карбон (II) оксиду, вуглецю (сажі), фенолу, формальдегіду, а також температуру горіння. У кожній групі та за кожною речовиною було проведено по 20 замірів.

Характеристика продуктів згорання фільтрувального паперу представлена у вигляді діаграм розмахів, які дозволили дати повну

статистичну характеристику аналізованої сукупності. Окрім того, діаграми розмаху дозволили провести візуальну експрес-оцінку різниці між двома і більше групами. Проведено визначення кількісного складу продуктів горіння за 4-ма речовинами: сульфур (IV) оксиду, нітроген (IV) оксиду, карбон (II) оксиду, вуглецю (сажі), а також порівняно температури горіння. Результати представлені на рисунках 4.16 – 4.20.

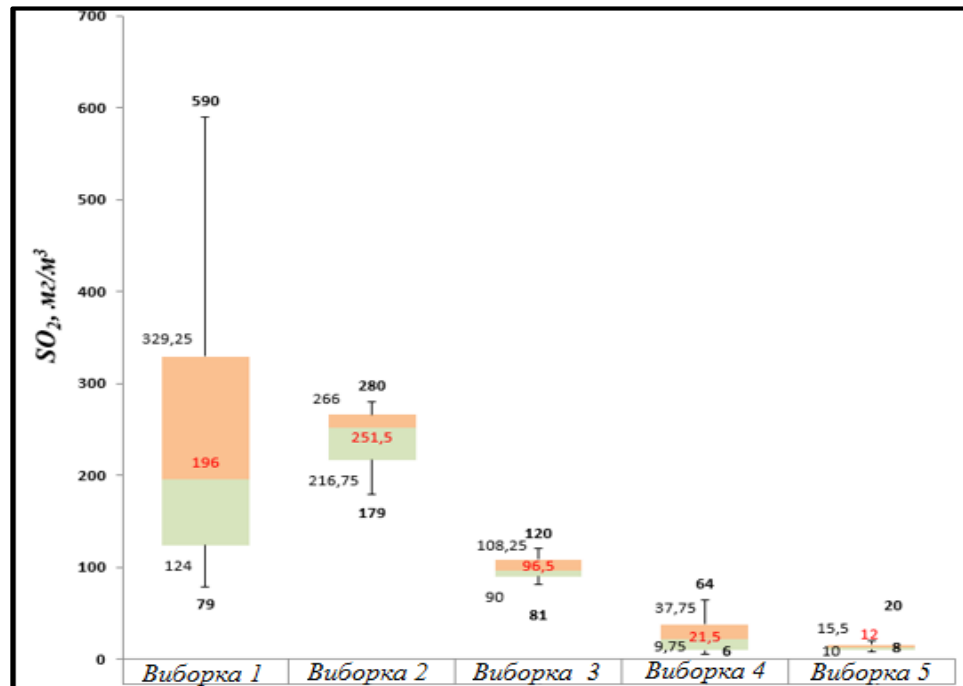


Рисунок 4.16 – Діаграма розмахів концентрацій сульфур (IV) оксиду

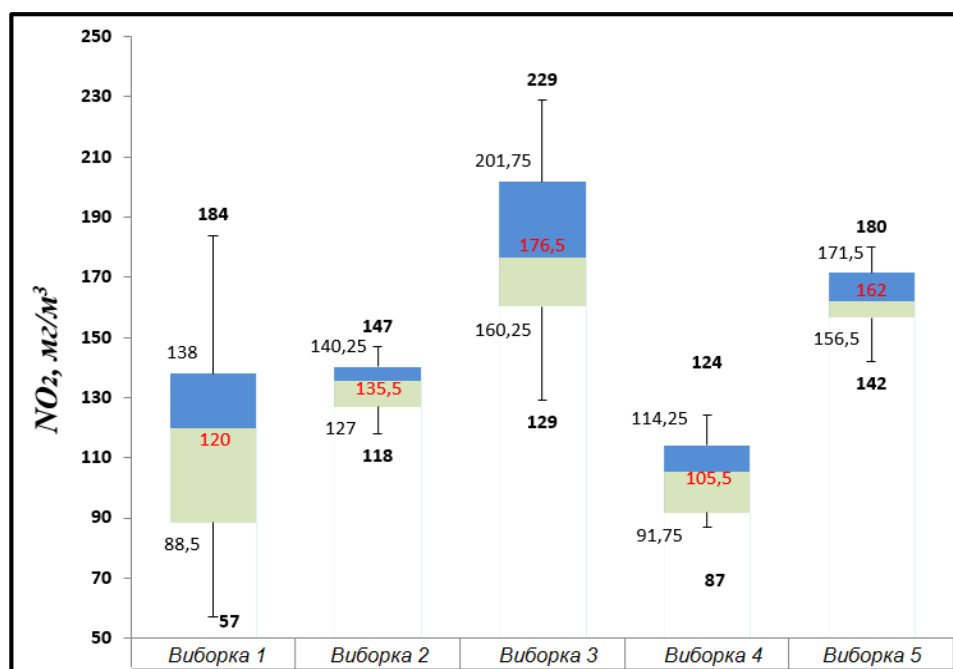


Рисунок 4.17 – Діаграма розмахів концентрацій нітроген (IV) оксиду

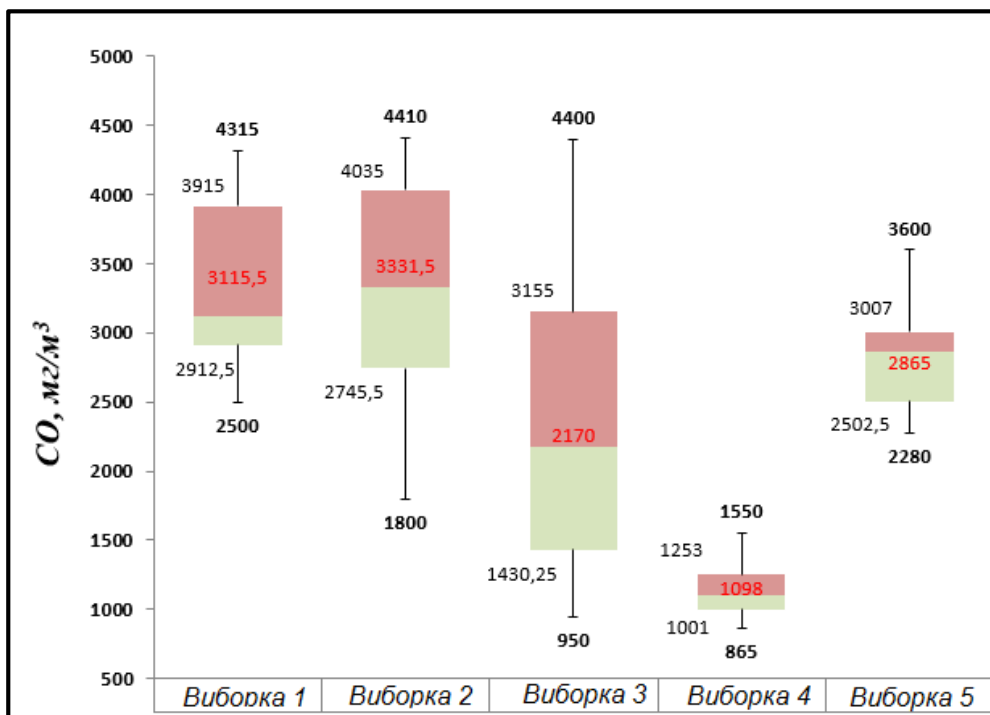


Рисунок 4.18 – Діаграма розмахів концентрацій карбон (II) оксиду

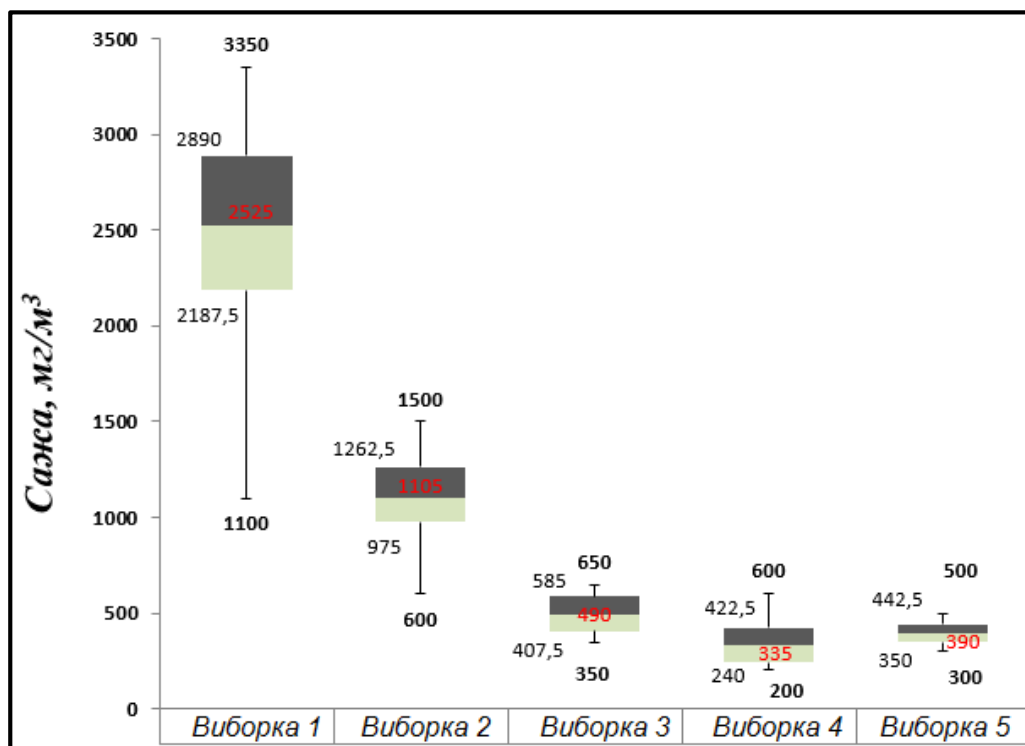


Рисунок 4.19 – Діаграма розмахів концентрацій вуглецю (сажі)

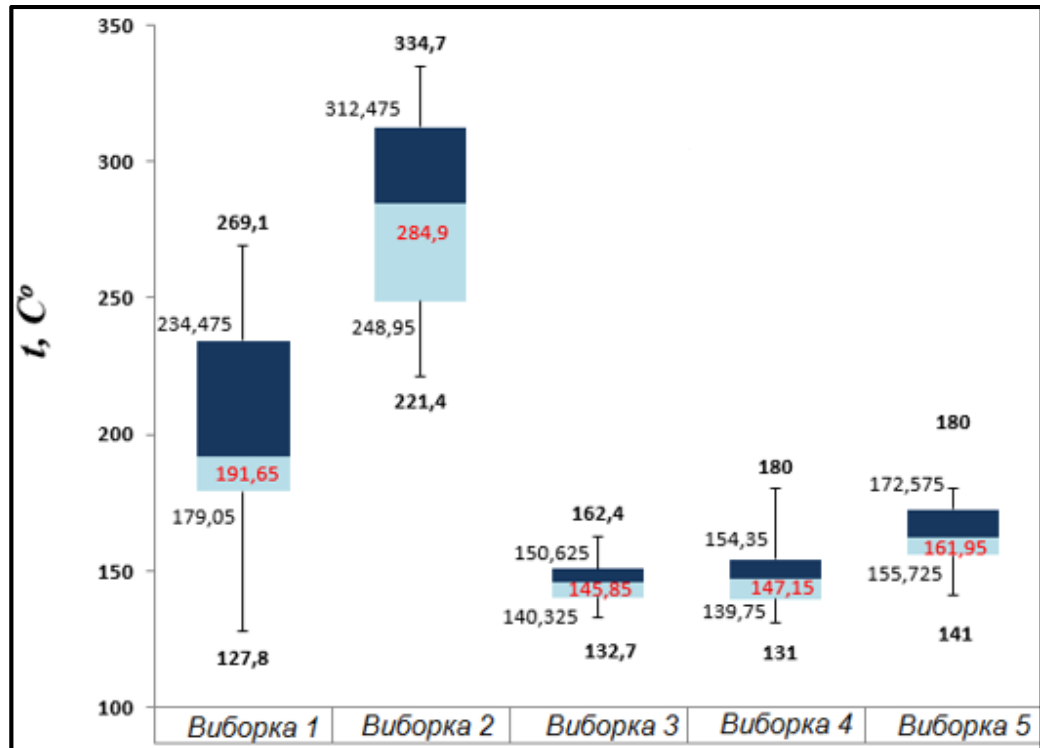


Рисунок 4.20 – Діаграма розмахів температур горіння

Порівняльна характеристика продуктів згорання до та після промивання забрудненого фільтрувального паперу різними засобами, з чистим фільтрувальним папером представлена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Склад продуктів горіння

Забруднювальні речовини	Спосіб оброблення фільтрувального паперу				
	Забруднений фільтрувальний папір	Промиті пральним порошком + NaHCO_3	Промиті розчином $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$	Промиті розчином $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$	Не використаний фільтрувальний папір
SO_2 , мг/м ³	248,9	241	98,35	25,25	12,95
NO_2 , мг/м ³	116,1	133,5	179,45	103,7	162,85
CO , мг/м ³	3338,65	3295,85	2401,2	1135,05	2817,8
Вуглець (сажа), мг/м ³	2453,5	1103,5	496	351,5	394,75

Як показують дані таблиці 4.6, досягти максимальне зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище при утилізації

забрудненого фільтрувального паперу, можна тільки за умови застосування комбінованого способу його оброблення. Вміст 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 рівень очищення. Результати проведених експериментів представлені в таблиці 4.7.

Встановлено, що застосування чотирьох ступенів схеми очищення викидів не обов'язково. Існує можливість виключення рукавного та вугільного фільтрів. Відпрацьований мийний розчин, що утворюється при промиванні можна повторно використати в системі оборотного водопостачання після вилучення осаду та залишків відпрацьованих масел. Такий метод дозволяє максимально зменшити надходження відходів у навколишнє середовище.

Таблиця 4.7 – Результати проведених експериментів з очищення димових газів

Апарат очистки	Спосіб оброблення ВАМФ	Зміни концентрацій забруднювальних речовин в залежності від ступеня очищення			
		ГДК м.р., мг/м ³			
		SO ₂ – 0,5	NO ₂ – 0,2	CO – 5,0	Вуглець (сажа) – 0,15
Початкові концентрації забруднювальних речовин	забруднені фільтри	248,90	116,10	3338,65	2453,50
	промиті пральним порошком + NaHCO ₃	241,00	133,50	3295,85	1103,50
	Na ₂ CO ₃ + H ₂ O ₂	98,35	179,45	2401,20	496,00
	Na ₂ CO ₃ ·1,5 H ₂ O ₂	25,25	103,70	1135,05	351,50
Циклон СДК-ЦН-33	забруднені фільтри	224,01	104,49	2670,92	441,63
	промиті пральним порошком + NaHCO ₃	216,90	90,80	2636,62	198,63
	Na ₂ CO ₃ + H ₂ O ₂	88,52	161,51	1920,96	82,28
	Na ₂ CO ₃ ·1,5 H ₂ O ₂	22,73	93,33	908,40	63,27
Скрубер Вентурі	забруднені фільтри	44,80	20,89	267,09	24,28
	промиті пральним порошком + NaHCO ₃	43,38	18,16	263,67	10,92
	Na ₂ CO ₃ + H ₂ O ₂	17,70	32,30	192,10	4,91
	Na ₂ CO ₃ ·1,5 H ₂ O ₂	4,55	18,67	90,80	3,48
Рукавний фільтр	забруднені фільтри	6,72	19,85	253,73	0,24
	промиті пральним порошком + NaHCO ₃	6,51	17,25	250,48	0,11
	Na ₂ CO ₃ + H ₂ O ₂	2,66	30,68	182,49	0,049
	Na ₂ CO ₃ ·1,5 H ₂ O ₂	0,68	17,73	86,26	0,03
Вугільний фільтр	забруднені фільтри	1,34	3,57	50,74	0,14
	промиті пральним порошком + NaHCO ₃	1,30	3,11	50,10	0,06
	Na ₂ CO ₃ + H ₂ O ₂	0,53	5,52	36,50	0,029
	Na ₂ CO ₃ ·1,5 H ₂ O ₂	0,14	3,19	17,25	0,02

Висновки до розділу 4

1. Розроблена технологія промивання промасленого фільтрувального паперу ВАМФ дозволить вилучити ресурсоцінні компоненти, зменшити концентрації забруднювальних речовин і таким чином знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

2. Експериментальні дослідження по вибору мийного засобу дали змогу визначити, що найбільш перспективним мийним реагентом для вирішення поставленої задачі виявився перкарбонат натрію $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$. На основі проведених експериментальних досліджень та математичних розрахунків одержані рівняння регресії. У результаті досліджень одержаної функції встановлено оптимальне співвідношення параметрів для досягнення максимальної ефективності процесу промивання фільтрувального паперу ВАМФ.

3. У результаті розробленої технології промивання забрудненого фільтрувального паперу вилучене відпрацьоване автомобільне масло може бути відправлене на регенерацію спеціалізованим підприємствам. Відпрацьований мийний розчин використовується повторно у системі оборотного водоспоживання.

4. Впровадження біосорбційного очищення дозволить видалити нафтопродукти з відпрацьованого мийного розчину – на 99%. Після застосування біосорбентів можемо зменшити цей показник до 0,30 мг/л; тому після оброблення відпрацьований розчин можна скинути в каналізаційну мережу.

5. Розроблена конструкція установки для промивання забрудненого фільтрувального паперу дає змогу додатково вилучити ресурсоцінні компоненти, зменшити кількість відпрацьованого масла, та підготувати його для подальшого спалювання з утворенням меншої кількості забруднювальних речовин.

6. Визначення кількісного складу продуктів горіння до та після оброблення фільтрувального паперу дало змогу визначити, що зменшення техногенного навантаження на довкілля та досягнення максимального вилучення ресурсоцінних компонентів з ВАМФ, можливо за умови застосування комбінованого способу його оброблення.

Результати проведених досліджень опубліковані у роботах [151–156].

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАСЛЯНИХ ФІЛЬТРІВ

5.1 Алгоритм комплексної технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

У результаті проведених теоретичних й експериментальних досліджень розроблена комплексна технологія утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, що включає такі основні етапи:

1. Попередній збір ВАМФ контейнерним способом зі зливом відпрацьованого масла. За для зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище та виключення можливого потрапляння у довкілля відпрацьованих автомобільних масел, ВАМФ підлягають обов'язковому збору й утилізації.

2. Розрізання ВАМФ зі зливом відпрацьованого масла. На цьому етапі відбувається руйнування корпусу на спеціальному обладнанні з максимальним відділенням відпрацьованого автомобільного масла. розділення ВАМФ на складові.

3. Розділення ВАМФ на складові елементи за їх властивостями та призначенням з подальшим промиванням деталей та збором відпрацьованого масла на всіх етапах комплексної технології.

4. Сортування складових за їх подальшим використанням. Сталь 70% відправляється на повторне використання (для фільтрів типу «КОЛАН») чи утилізацію, відпрацьовані масла 17% – на регенерацію, пластик (поліетилен) 5% – на утилізацію, фільтрувальний папір 8% – на промивання з подальшим зпалюванням в якості альтернативного палива.

5. Вилучення забрудненого фільтрувального паперу та віджимання його від масла. Забруднений фільтрувальний папір – найбільш небезпечний

елемент ВАРФ, окрім відпрацьованого автомобільного масла може містити механічні домішки (продукти зносу, залишки присадок, продукти згорання, дегідровані хімікати базового масла), що підвищує рівень небезпеки такого відходу.

6. Промивання забрудненого фільтрувального паперу мийним розчином (перкарбонатом натрію) з відділенням відпрацьованого масла. Використання екологічно безпечного мийного розчину дозволяє зменшити вміст відпрацьованого автомобільного масла та знижує техногенне навантаження на навколишнє середовище при утилізації ВАРФ.

7. Спалювання очищеного фільтрувального паперу у печі та отримання теплової енергії для опалення приміщень. Використання очищеного фільтрувального паперу в якості альтернативного палива дозволить підвищити рівень екологічної безпеки довкілля та забезпечить раціональне природокористування.

8. Очищення газових викидів, що утворюються при спалюванні промитого фільтрувального паперу. Запропонована схема дозволяє отримати високий рівень очищення газових викидів, а концентрацію досліджуваних речовин в мажах ГДК.

Детальний алгоритм утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів наведений на рисунку 5.1.

У процесі утилізації у такий спосіб відпрацьовані автомобільні масляні фільтри поділяються на частини, одні з яких потрапляють на рециклінг (складові частини фільтрів типу «КОЛЛАН»), інші на перероблення та регенерацію (металеві, пластикові частини, відпрацьовані масла). Забруднений фільтрувальний папір на промивання та спалювання з подальшим отриманням теплової енергії.

Як альтернативний спосіб поводження з промитим фільтрувальним папером ВАРФ може стати його додаткове промивання чотирихлористим вуглецем (тетрахлорметан, CCl_4). Тетрахлорметан застосовують як розчинник, що діє на жири, смоли, олії, лаки, каучук та інші матеріали.

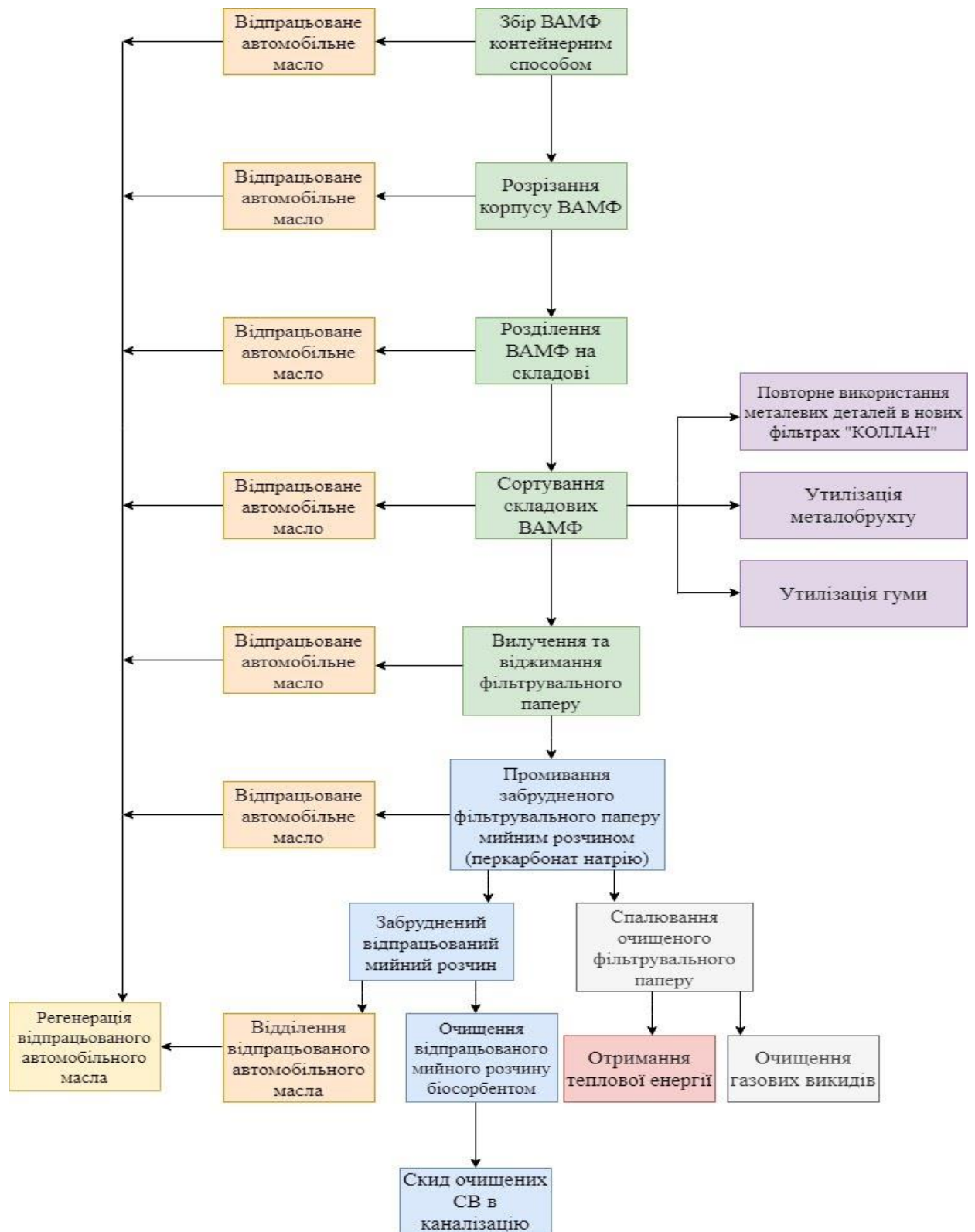


Рисунок 5.1 – Алгоритм утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Для цього промитий перкарбонатом натрію фільтрувальний папір ВАМФ додатково промивають чотирихлористим вуглецем, віджимають на пресі та висушують. Отриманий розчин відправляють на відгонку шляхом

нагрівання. При $t = 80^{\circ}\text{C}$ відбувається відокремлення масла від чотирихлористого вуглецю. Після чого масло відправляється на регенерацію, а чотирихлористий вуглець використовують повторно.

Отриманий після промивання та висушений папір придатний для подальшого використання як волокниста вторинна сировина для виробництва тарного та пакувального картону, а також покрівельних, ізоляційних та інших будівельних матеріалів.

У разі застосування послідовного промивання фільтрувального паперу перкарбонатом натрію та чотирихлористим вуглецем отримуємо повністю безвідходну технологію утилізації ВАМФ.

5.2 Оцінювання розробленої технології на відповідність екологічним вимогам

Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу при утилізації фільтрувального паперу ВАМФ за рахунок спалювання його в печі виконано розрахунковим методом відповідно діючих методик [157–162]. Під час спалювання органічного палива в енергетичних установках у атмосферне повітря разом з димовими газами надходять забруднювальні речовини та парникові гази. Згідно з методикою [159] обліковуються такі забруднювальні речовини та парникові гази: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок;

- оксиди сірки SO_x у перерахунку на діоксид сірки або сульфур (IV) оксид SO_2 ;
- оксиди азоту NO_x у перерахунку на нітроген (IV) оксид NO_2 ;
- карбон (II) оксид CO ;
- важкі метали та їх сполуки;
- карбон (IV) оксиду CO_2 ;
- метан CH_4 .

Валові викиди забруднювальних речовин та парникових газів визначаються на основі:

- постійних вимірювань концентрацій забруднювальних речовин у димових газах енергетичних установок;
- розрахункових методів за даними про витрати та склад використаного палива і характеристики енергетичних та газоочисних установок.

Тому визначення валових викидів забруднювальних речовин, що утворюються при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ виконано шляхом вимірювань за допомогою приладів з подальшим розрахунком.

Сульфур (IV) оксид (SO_2):

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - n'_{\text{SO}_2}) \cdot (1 - n''_{\text{SO}_2}) \text{ [кг/год]} \quad (5.1)$$

$$G_{\text{SO}_2} = M_{\text{SO}_2} / 3,6 \text{ [г/с]} \quad (5.2)$$

де B – витрата палива (кількість фільтрувального паперу $B = 12$ кг/год);

S^r – вміст сірки на робочу масу, $S^r = 0,3$ %;

n'_{SO_2} – частка оксидів сірки, що пов'язуються летючою золою, $n'_{\text{SO}_2} = 0,02$;

n''_{SO_2} – частка оксидів сірки, що уловлюються зололовником, $n''_{\text{SO}_2} = 0$.

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 \cdot 12 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0) = 0,07056 \text{ кг/год}$$

$$G_{\text{SO}_2} = 0,07056 / 3,6 = 0,0196 \text{ г/с}$$

Оксиди азоту (NO_x):

$$M = B_p \cdot Q_r \cdot K_{\text{NO}_x} \cdot b_t \cdot b_a \cdot (1 - b_r) \cdot (1 - b_v) \cdot k_n \text{ [кг/год]} \quad (5.3)$$

$$B_p = B \cdot (1 - q_4 / 100) \quad (5.4)$$

$$K_{\text{NO}_x} = 0,0113 \cdot Q_t^{0,5} + 0,1 \quad (5.5)$$

$$Q_t = B_p \cdot Q_r \quad (5.6)$$

$$b_t = 1 + 0,002 \cdot (t_{\text{гв}} - 30) \quad (5.7)$$

$$G = M / 3,6 \text{ [г/с]} \quad (5.8)$$

де B – витрата палива(кількість фільтрувального паперу $B = 12$ кг/год);

B_p – фактична витрата, кг/с

q_4 – втрати тепла від механічної неповноти згоряння, $q_4 = 0,1$;

Q_r – нижча теплота згорання фільтрувального паперу, $Q_r = 68,2$ МДж/кг;

K_{Nox} – питомий викид оксидів азоту при спалюванні фільтрувального паперу, г/МДж;

b_t – коефіцієнт, що враховує температуру повітря $t_{\text{гв}}$, яке подається для горіння, $t_{\text{гв}} = 20^\circ\text{C}$;

b_a – коефіцієнт, що враховує вплив надлишку повітря на утворення оксидів азоту при спалюванні масла, $b_a = 1,113$;

b_r – коефіцієнт, що враховує ступінь рециркуляції димових газів $b_r = 0$;

b_v – коефіцієнт, що враховує ступеневий підвід повітря у топку, $b_v = 0$;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт перерахунку.

$$Q_t = (12 / 3600) \cdot 42,33 = 0,2273$$

$$K_{\text{Nox}} = 0,0113 \cdot 0,2273^{0,5} + 0,1 = 0,1054 \text{ г/МДж}$$

$$b_t = 1 + 0,002 \cdot (20 - 30) = 0,98$$

$$M = 12 \cdot (1 - 0,1 / 100) \cdot 68,2 \cdot 0,1054 \cdot 0,98 \cdot 1,113 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-3} = \\ = 0,0939 \text{ кг/год}$$

$$G = 0,0939 / 3,6 = 0,026 \text{ г/с}$$

Викиди оксидів азоту з урахуванням їх трансформації в атмосферному повітрі в оксид і діоксид азоту розраховані за формулами:

$$M_{\text{NO}_2} = M_{\text{Nox}} \cdot 0,8; \quad G_{\text{NO}_2} = G_{\text{Nox}} \cdot 0,8$$

$$M_{\text{NO}} = M_{\text{Nox}} \cdot 0,13; \quad G_{\text{NO}} = G_{\text{Nox}} \cdot 0,13$$

$$M_{\text{NO}_2} = 0,0939 \cdot 0,8 = 0,0751 \text{ кг/год}$$

$$G_{\text{NO}_2} = 0,026 \cdot 0,8 = 0,0209 \text{ г/с}$$

Карбон (II) оксид (CO):

$$M_{\text{CO}} = 0,001 \cdot V \cdot C_{\text{CO}} \cdot (1 - q_4 / 100) \text{ [кг/год]} \quad (5.9)$$

$$G_{\text{CO}} = M_{\text{CO}} / 3,6 \text{ [г/с]} \quad (5.10)$$

$$C_{\text{CO}} = q_3 \cdot R \cdot Q_r \text{ [г/кг]} \quad (5.11)$$

де B – витрата палива (кількість фільтрувального паперу $B = 12$ кг/год);

q_4 – втрати теплоти через механічну неповноту згоряння палива, $q_4 = 0,1$;

q_3 – втрати теплоти через хімічну неповноту згоряння палива, $q_3 = 0,2$;

R – коефіцієнт, якій враховує втрату тепла через неповноту згоряння масла, обумовлену наявністю неповного згоряння оксиду вуглецю, $R = 0,65$;

Q_r – нижча теплота згоряння фільтрувального паперу, $Q_r = 68,2$ МДж/кг.

$$C_{CO} = 0,2 \cdot 0,65 \cdot 68,2 = 8,866 \text{ г/кг}$$

$$M_{CO} = 0,001 \cdot 12 \cdot 8,866 \cdot (1 - 0,1/100) = 0,1063 \text{ кг/год}$$

$$G_{CO} = 0,1063/3,6 = 0,02952 \text{ г/с.}$$

Вуглець (сажа):

$$M_c = 0,01 \cdot B \cdot q_4 \cdot Q_r \cdot (1 - n_3) / 32,68 \text{ [кг/год]} \quad (5.12)$$

$$G_c = M_c / 3,6 \text{ [г/с]} \quad (5.13)$$

де B – витрата палива(кількість фільтрувального паперу $B = 12$ кг/год);

q_4 – втрати теплоти через механічну неповноту згоряння палива, $q_4 = 0,1$;

Q_r – нижча теплота згоряння фільтрувального паперу, $Q_r = 68,2$ МДж/кг;

n_3 – частка твердих частинок, що уловлюються в золоуловлювачах, $n_3 = 0$.

$$M_c = 0,01 \cdot 12 \cdot 0,1 \cdot 68,2 \cdot (1 - 0) / 35,68 = 0,02504 \text{ кг/год}$$

$$G_c = 0,02504 / 3,6 = 0,00696 \text{ г/с.}$$

Отже, при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ в печі в атмосферне повітря потрапляють забруднювальні речовини в таких кількостях:

Сульфур (IV) оксид, SO_2 0,0196 г/с.

Нітроген (IV) оксид, NO_2 0,0209 г/с.

Карбон (II) оксид, CO 0,02952 г/с.

Вуглець (сажа) 0,00696 г/с.

Параметри джерела викиду: висота димової труби 10 м; діаметр 0,11 м; температура 220 С°; витрата газоповітряної суміші 1100 м³/год (0,306 м³/с). Для оцінки впливу викидів при утилізації фільтрувального паперу ВАМФ на

якість атмосферного повітря розрахунок проведено при максимальному завантаженні печі та можливості розміщення жилої забудови на відстані 100 метрів.

Проведений розрахунок розсіювання забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери з використанням автоматизованої системи розрахунку забруднення атмосфери «ЕОЛ-Плюс» версія 5.23., згідно з [163, 164]. Розрахунок розсіювання викидів забруднювальних речовин виконано за умови врахування викидів від джерела при спалюванні фільтрувального паперу в котлі.

Результати розрахунку приземних концентрації забруднювальних речовин представлені в таблиці 5.1.

Проведений розрахунок розсіювання забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери при утилізації фільтрувального паперу шляхом спалювання показав, що у зоні можливого розміщення житлової забудови (100 м) концентрації досліджуваних речовин не перевищують 1 ГДК.

Таблиця 5.1 – Концентрація забруднень у приземному шарі

Вид відходу	Забруднювальна речовина	Розрахункова максимальна приземна концентрація в зоні можливого розміщення житлової забудови (100 м)	
		мг/м ³	долі ПДК
Фільтрувальний папір ВАМФ	Сульфур (IV) оксид, SO ₂	0,14	0,0075
	Нітроген (IV) оксид, NO ₂	3,19	0,18
	Карбон (II) оксид, CO	17,25	0,033
	Вуглець (сажа)	0,02	0,33
	Група сумарні: нітроген (IV) оксид, сульфур (IV) оксид		0,18

5.3 Еколого-економічне оцінювання технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Запропонована технологія утилізації ВАМФ є екологічно безпечною та ресурсозберігаючою технологією. Утилізація фільтрувального паперу ВАМФ за допомогою попереднього промивання, а потім спалювання його у печі з системою очистки газових викидів та отримання теплової енергії, розроблена відповідно до «Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року». Розроблена технологія спрямована на зниження негативного впливу відходів ВАМФ на довкілля шляхом зменшення забруднювальних речовин, а саме – відпрацьованих масел (нафтопродуктів) у фільтрувальному папері, що відповідає нормативам екологічної безпеки. Подальше використання вилучених нафтопродуктів дозволяє дотримуватись принципів раціонального природокористування.

Розрахунок еколого-економічного ефекту, виконано за рахунок економії на сплаті екологічного податку. Використано порядок обчислення та сплати екологічного податку відповідно до ст. 240 [165, 166]. Розраховано екологічний податок на розміщення відходів (крім розміщення окремих видів (класів) відходів як вторинної сировини, що розміщуються на власних територіях (об'єктах) суб'єктів господарювання).

Відповідно до пунктів 246.1 та 246.2 ст. 246 цього Кодексу використано ставки податку за розміщення відходів у спеціально відведених для цього місцях чи на об'єктах. Екологічний податок за розміщення відходів визначається за формулою

$$\text{Прв} = \sum_{i=1}^n (Hni \cdot Mli \cdot K_T \cdot K_o), \quad (5.14)$$

де Прв – сума податку, грн;

Hni – ставки податку в поточному році i -тої тони відходу у гривнях, грн/т,
 $Hni = 12,84$ грн/т (III клас відходів);

M_i – кількість i -ого виду відходу, т; згідно попередніх розрахунків кількість утворення ВАМФ щорічно у м. Полтава – 117 тис. шт (див. розділ 1.3 таблиця 1.4); $M_i = 117000 \text{ шт} \cdot 0,4 \text{ кг} = 46,8 \text{ т}$;

K_T – коригуючий коефіцієнт, що встановлюється залежно від місця розміщення відходу відповідно до ст. 246.5 ПКУ, $K_T = 3$;

K_o – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів. В іншому випадку $K_o = 1$ (ст. 246.4 ПКУ).

$$\text{Прв} = 46,8 \cdot 12,84 \cdot 3 \cdot 3 = 5408,21 \text{ грн.}$$

За результатами розрахунку еколого-економічний ефект за рік, одержаний завдяки економії на сплаті екологічного податку, у результаті зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище завдяки впровадженню розробленої екологічно безпечної технології становить близько 5,5 тис. грн.

Розрахунок еколого-економічного ефекту, одержаного за рахунок зменшення збитку, заподіяного державі. Розрахунки розміру відшкодування збитку за наднормативні викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря проводиться за наказом [167, 168]. Згідно з п. 4.1 розрахунок проводиться за формулою

$$Z_a = m_i \cdot 1,1\Pi \cdot A_i \cdot K_T \cdot K_{zi}, \quad (5.15)$$

де Z_a – розмір збитків, грн;

m_i – маса i -ї забруднювальної речовини, викинутої в атмосферне повітря наднормативно, т;

$1,1\Pi$ – розмір мінімальної заробітної плати (Π) на момент виявлення порушення за одну тону умовної забруднювальної речовини, помноженої на коефіцієнт (1,1), грн/т;

A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -ї забруднювальної речовини, $A_i = 1 / \text{ГДК}_{\text{сд}}$;

K_T – коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості;

K_{zi} – коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -ю забруднювальною речовиною.

$$m_i = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot p_{bi} \cdot q_v \cdot T \quad (5.16)$$

де m_i – маса викиду i -тої забруднювальної речовини в атмосферне повітря від джерела викиду (утворення) цієї забруднювальної речовини без дозволу, т;

p_{bi} – середнє значення масової концентрації i -тої забруднювальної речовини за результатами вимірювань її вмісту у газопиловому потоці від джерела викиду (утворення) цієї забруднювальної речовини, мг/м³;

q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду (утворення) i -тої забруднювальної речовини, приведене до нормальних умов, м³/с;

T – час роботи джерела викиду (утворення) i -тої забруднювальної речовини без дозволу, год.

Розрахунок проведено за кожною забруднювальною речовиною.

Сульфур (IV) оксид, SO₂ $3a_1 = 12040,59$ грн.

Нітроген (IV) оксид, NO₂ $3a_2 = 136540,09$ грн.

Карбон (II) оксид, CO $3a_3 = 4806,70$ грн.

Вуглець (сажа) $3a_4 = 137,47$ грн.

Розмір збитків від потенційного забруднення досліджуваними речовинами атмосферного повітря при спалюванні фільтрувального паперу ВАМФ за рік становить $3a = 153,5$ тис. грн.

Окрім цього, в розділі 2.4 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 до розділу 5

1. Проведений розрахунок розсіювання забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери при утилізації ВАМФ показав, що у зоні можливого розміщення житлової забудови (100 м) концентрації досліджуваних речовин не перевищують 1 ГДК.
2. У результаті проведених теоретичних й експериментальних досліджень розроблена екологічно безпечна методика утилізації ВАМФ, яка виключає надходження небезпечних відходів у довкілля та дозволяє зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.
3. Загальний еколого-економічний ефект запропонованих рішень склав 166,6 тис. грн. У результаті запровадження запропонованої екологічно безпечної технології утилізації ВАМФ можна отримати соціальний ефект, пов'язаний з мінімізацією ризиків для здоров'я населення.

ЗАГАЛЬНІ 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 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}_2$.

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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В Україні збільшуються обсяги накопичення відходів – Мінприроди
URL: http://www.ukrinform.ua/ukr/news/v_ukraini_zbilshuyutsya_obsyagi_nakopichennya_vidhodiv_minprirodi_1865154
2. Русіло П.О., Костюк В.В., Афонін В.М. Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого ЦИКЛУ. Науковий вісник НЛТУ України. 2008, вип. 18.3. С. 85-89.
3. Автотранспорт і навколишнє середовище: проблеми і шляхи їхнього вирішення. URL: <https://www.zoda.gov.ua/news/7207/avtotransport-i-navkolishnjесeredovishe-problemi-i-shlyahi-jihного-virishennya.html>
4. Безопасное обращение с отходами: Сборник нормативно-методических документов. СПб.: РЭЦ «Петрохимтехнология», «Интеграл», «Тема», 1999. - 448 с.
5. В Україні зросла кількість автомобілів на тисячу осіб URL: http://gazeta.ua/articles/avto/_v-ukrayini-zrosla-kilkist-avtomobiliv-na-tisyachu-osib/680260.
6. Утилізувати старий автомобіль: чому це так складно зробити в Україні URL: <http://news.finance.ua/ua/news/-/387746/utylizuvaty-staryj-avtomobil-chomu-tse-tak-skladno-zrobyty-v-ukrayini>.
7. Рейтинг стран мира по уровню автомобилизации. URL: <http://gtmarket.ru/ratings/passenger-cars-per-inhabitants/info>.
8. Рейтинг стран мира по численности населения. URL: <http://gtmarket.ru/ratings/world-population/info>.
9. Електронний архів (Розділ 3 Поводження з небезпечними відходами) URL: <http://golos.kievcity.gov.ua/files/2014/6/19/rozdil-3.pdf/>.
10. Директива Парламенту та Ради ЄС № 2000/53 від 18.09.2000 року про транспортні засоби з виробленим ресурсом (Official Journal L 269, 21.10.2000, р. 34) (консолідована версія зі змінами, внесеними Рішеннями Комісії 2002/525/ЄС, 2005/63/ЄС, 2005/438/ЄС, 2005/473/ЄС, 2008/689/ЄС,

2010/115/ЄС, Директивами Європейського Парламенту та Ради 2008/33/ЄС, 2008/112/ЄС, 2011/37/ЄС).

11. Транспорт дорожній. Придатність до переробки для повторного використання та відновлення. Метод розрахунку. (ISO 22628:2002, ST) : ST ISO 22628:2002. — [Чинний від 2002-03-04].

12. Директива 67/548/ЄЕС від 27 червня 1967 року щодо зближення законів, правил та адміністративних положень стосовно класифікації, пакування та маркування небезпечних речовин.

13. Директива Ради № 75/442/ЄЕС від 15.07.1975 про відходи (Official Journal L 194, 25.07.1975 р. 39 - 41).

14. Закон України «Про відходи» від 5.03.1998 р. № 187/98-ВР зі змінами та доповненнями.

15. Закон України «Про металобрухт» від 05.05.1995 року № 619-XIV зі змінами та доповненнями від 16.09.2012 року.

16. Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 р. № 3353-XII.

17. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 № 2344- III.

18. Постанова Кабінету Міністрів України «Про впровадження системи збирання, заготівлі та утилізації відходів як вторинної сировини» від 26 липня 2001 року № 915.

19. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання збирання, видалення, знешкодження та утилізації відпрацьованих мастил (олив)» від 27 липня 2011 року № 1075.

20. Постанова Кабінету Міністрів України «Про єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються» від 22.12.2010 р. № 1166.

21. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку окремих видів відходів як вторинної сировини, збирання та заготівля яких підлягають ліцензуванню» від 28 лютого 2001 року №183.

22. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України 04.11.2011 №431 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності із збирання, заготівлі окремих видів відходів як вторинної сировини (згідно з переліками, що визначаються Кабінетом Міністрів України)».

23. Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 18.07.2014 № 445.

24. ДК 005-96 Государственный классификатор отходов от 01101996 - Государственный комитет Украины по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996.

25. Виды и замена воздушного фильтра. URL: <http://avtomotoprof.ru/svoimi-rukami/vidyi-i-zamena-vozdushnogo-filtra/>.

26. Топливный фильтр и его замена. URL: <http://avtomotoprof.ru/svoimi-rukami/toplivnyiy-filtr-i-ego-zamena/>.

27. Салонные фильтры: необходимость или пустая трата денег? URL: <http://avtomotoprof.ru/obsluzhivanie-i-uhod-za-avtomobilem/salonnnye-filtryi-neobhodimost-ili-pustaya-trata-deneg/>.

28. Масляный фильтр – как выбрать качественный? URL: <http://avtomotoprof.ru/v-pomoshh-avtomobilistu/maslyanyiy-filtr-kak-vyibrat-kachestvennyiy/>.

29. ДСТУ 3437-96. Нафтопродукти. Терміни та визначення - К.: Держстандарт України, 1996 р. – с. 4.

30. Что нужно знать о моторном масле. Виды масел URL: <http://www.castrol.com/castrol/sectiongenericarticle.do?categoryId>.

31. Катрушов О.В., Костенко В.О., Батухіна І.В. та ін. Патогенна дія відпрацьованих моторних масел: недооцінена небезпека. Актуальні проблеми сучасної медицини. 2009. Т. 9, № 3. С. 188–193.

32. Редзюк А.М., Устименко В.С., Клименко О.А., Бондар О.В. Уведення екологічних норм Євро-3 – Євро-6 в Україні, аналіз структури парку

автомобілів за екологічними ознаками. Науково-виробничий журнал «Автошляховик України». Київ, 2011. Вип.4 (222). С.2 – 6.

33. Збичинський І., Внукова Н.В., Познякова О.І. Міжнародний досвід організації системи утилізації автомобілів. *Еколого – правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів*. Збірник статей ІХ міжнар. науково – практичної конф. Харків, ХНАДУ, 2014. С. 364-373.

34. Утилизация авто: опыт Евросоюза. URL: <https://www.autocentre.ua/avtopravo/avtobiznes/utilizatsiya-avto-opyt-evrosoyuza-265694.html>

35. Райнхард В.А. Переработка старых автомобилей: Европейский опыт. *Твердые бытовые отходы*. 2007. № 10. С. 70-77.

36. Авторециклинг в странах Балтии. *Рециклинг отходов*. № 2. 2007. С. 19-21.

37. Виллер С. Опыт США. ЦЕЛЬ -100 % переработка автомобиля + прибыль. *Авто-грин*. № 1. 2005. С. 25-26.

38. Car Recycling Business in Japan. JETRO Japan Economic Report. June-July 2006. 3 pp.

39. Рециклинг отходов — прорывной проект XXI века отходов URL: <http://www.innosfera.org/node/727>

40. Вишняков Я.Д., Васляев М.А. Система утилизации автотранспортных средств и отходов технического обслуживания. *Экология и промышленность России*. №10, 2007. С. 50-52.

41. Звонов В.А., Кутенев В.Ф., Козлов А.В., Теренченко А.С. Концепция специального технического регламента «Утилизация вышедшей из эксплуатации автомобильной техники». *Авто-грин*. № 3, 2008. С. 7-11.

42. Кутенев В.Ф., Теренченко А.С. Состояние и перспективы создания системы утилизации АТС в России. *Автомобильная промышленность*. № 10, 2008. С. 7-9.

43. Воронцов Ю.М. Авторециклинг — новая индустрия России. *Рециклинг отходов*. № 1, 2006. С. 4-7.

44. Гурбанов И.В. Система «Авторециклинг» в городе Москве. *Автогрин*. № 1, 2008. С. 4-10
45. Дьяченко И.И. Методические основы управления автотранспортными отходами в регионе на этапе эксплуатации автомобильного транспорта. Автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. техн. наук. Москва. МАДИ, 2002. 19 с.
46. Ищенко А.А. Авторециклинг: проблемы, решения, организационное и законодательное обеспечение. *Вторичные металлы*. 2008. № 6. С. 62-64
47. Конкин М.Ю., Романов С.А. Проблема утилизации автомобильных компонентов в России и пути ее решения. *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. 2007. № 2. С. 120 -122.
48. N. Kanari, J.-L. Pineau, and S. Shallari. End-of-Life Vehicle Recycling in the European Union. *JOM*, August 2003.
49. Трофименко К.Ю. Повышение эффективности системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств "Авторециклинг" в крупном городе: автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте». Москва, 2009. 20 с.
50. Бессер А.Д. Сорокина В.С., Погосян А.А. Рециклинг реальный путь обеспечения свинцом российской промышленности. *Экология и промышленность России*. Апрель, 2006. С. 12 -15.
51. Штойк С.Г. Утилизация отработавших аккумуляторных батарей: практика работы. *Экология и промышленность России*. Апрель, 2008. С. 18 - 22
52. Морачевский А.Г. Отработанные свинцовые аккумуляторы — важнейший источник вторичного свинца. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. 4(207)' 2014 С. 127-137.

53. Солдатенко В.А. Сбор и переработка лома, свинцово-кислотных аккумуляторов в России. Действительность и перспективы: 2003-2006. *Экологический информационно-аналитический журнал «Автогрин»*. 2006. №2. С. 22-27.

54. Башева Т.С. Екологічно безпечна технологія рециклінгу відходів акумуляторного електроліту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. Київ, 2011. 24 с.

55. Чернышов Д.О. Технологическая переработка старых шин автомобилей – решение экологических проблем. *Наука, техника и образование. Химические технологии*. 2019. С. 28-31.

56. Клімішина М. Т. Стан та перспективи розвитку технологій переробки шин та їх вплив на довкілля. *Технологический аудит и резервы производства*. 6/2 (32). 2016. С. 57-63.

57. Петрук В.Г., Прокопенко В.О., Турчик П.М. Оцінка впливу на навколишнє середовище шинної промисловості. *Збірник матеріалів II-го Всеукраїнського з'їзду екологів за міжнародної участю*. 2009. С. 73–76.

58. Казанцев Т.В. Рынок использованных покрышек и продуктов из использованных покрышек в странах ЕС, США и РФ. URL: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=180>

59. Валуев Д.В. Перспективы переработки автомобильных покрышек. *Вестник науки Сибири*. 2011. № 1 (1). С. 699-704.

60. Чич С.К. Пиролиз как оптимальный метод утилизации отработанных автомобильных шин. *Новые технологии*. 2009. № 3. С. 81-85.

61. Павлов Г. И., Кочергин А. В.Ситников О. Р., Галимова А.И. Переработка изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку при использовании установок пульсирующего горения. *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. № 19. С. 174-179.

62. Пляцук Л.Д., Гурець Л.Л., Будьонний О.П. Утилізація гумових відходів. *Вісник КДПУ ім. М. Остроградського*. 2007. № 5 (46). Ч. 1. С. 152-154.

63. Крещенецький В.Л, Капітула В.Я. Шляхи розв'язання проблеми переробки відпрацьованих шин. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля*. 2013. № 5 (194). Ч. 1. С. 85-88.
64. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2007. 270 с.
65. Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Любинин И.А. Смазочные материалы в техносфере и биосфере. Экологический аспект. Киев. 2012. 290 с.
66. Новые технологии в переработке и утилизации отработанных масел и смазочных материалов. *Сборник тезисов Международной научно-практической конференции и выставки*. М.: РЭФИА, НИА Природа. 2003. 216 с.
67. Григоров А.Б. Комплексная переработка отработанных моторных масел. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2012. № 50 (99). С. 40-44.
68. Горбунов Н.И., Кравченко Е.А., Горбунов Н.Н., Шишковская А.Ю. Повышение эффективности регенерации отработанного масла. *Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 122/2011. Серія: Машиноприладобудування та транспорт*. Севастополь, 2011. С 48-53.
69. Ледовських В.М., Давиденко О.М. Електрохімічна регенерація карбонільних сполук відпрацьованих нафтових олив на алюмінієвому катоді. *Нафтогазова галузь України*. 2015. №1. С. 21-24.
70. Мальований М.С, Семенишин Є.М., Чайка О.Г., Петрушка І.М., Захарко Я.М. Комплексна ресурсозберігаюча технологія регенерації відпрацьованих олив. *Екотехнології и ресурсосбережение*. 2007. N 1. С. 38-42.
71. United States Patent US005489042 A, B 65 B 1/04. REUSABLE WASTE HANDLER FOR VEHICULAR OIL CHANGES / Bart W. Ewald. 1996.
72. United States Patent US 005524356 A, F 26 B 9/00. APPARATUS FOR EXTRACTING OIL FROM SPENT OIL FILTERS / George H. Lutz. 1997.
73. United States Patent US 008002002 B2, B 65 B 1/04. OIL FILTER DRAIN TOOL / Bobby Knoll. 2011.

74. United States Patent US 78499668 B1, F 16 N 33/00. OIL FILTER DRAINING FUNNEL AND ASSOCIATED METHOD / David Krepps. 2010.

75. United States Patent US 005291921 A, B 65 B 1/04. DRAINAGE PLATFORM FOR THE DRAINING OF RESIDUAL CONTENTS OF A CONTAINER FOR COLLECTION AND SURSEQUENT DISPOSAL / Robert Devine. 1994.

76. United States Patent US 005611377 A, B 65 B 1/04. FUEL FILTER DRAINER / John R. Maguire. 1997.

77. United States Patent US 005884676 A, B 65 B 3/04. OIL FILTER DRAINAGE BOX AND RECOVERY SYSTEM / Gary Sage. 1999.

78. United States Patent US 005653271 A, B 67 C 9/00. OIL AND OIL FILTER COLLECTION AND RECYCLE APPARATUS / Charles Brittain, Gilbert B. Ross. 1997.

79. United States Patent US 5425401 A, US 08/102. Container for waste oil / Delbert A. Bods. 1995.

80. Патент 51910 РФ, МПК: В09В3/00. Устройство для утилизации отработанных масляных фильтров / Саинов Д.И., Меликова Р.В., Андрианов В.А., Сокирко Г.И., Улукпанов Д.А., Федорова Т.В.; патентообладатель Саинов Дамир Ильдарович, Меликова Рита Владимировна, Андрианов Владимир Александрович, Сокирко Геннадий Иванович, Улукпанов Дусемби Ахметкалиевич, Федорова Татьяна Владимировна; № 2005131708/22; заявл. 12.10.2005; опубл. 10.03.2006.

81. United States Patent US 006425957 B1, B 07 B 7/00. MATERIAL RECOVERY SYSTEM AND METHOD FOR USED OIL FILTER AND OIL CONTAMINATED MATERIALS / Harrell Jerald McRae. 2002.

82. United States Patent US 6594877 B2, B 23 P 17/04. METHOD AND EQUIPMENT OF RECYCLING USED-AUTOMOBILES / Toshio Mori, Seietsu Morimoto, Katsumi Eguchi, et al. 2003.

83. United States Patent WO1998040666 A1, F 23 G 5/20. System for recycling used oil filters / Karl W. Schmidt. 1998.

84. International Publication Number WO 2016068735 A1, PL, B 03 C 1/14. Method for recycling post-consumer oil and fuel filters / Izabella Bogacka, Stanisław Lewandowski, Bartosz Szczytowski. 2016.

85. Патент 2163847 РФ, МПК7: B09B3. Способ переработки масляных фильтров и устройство для его реализации / Бабенко Ю.И., Власов В.Н.; патентообладатель Бабенко Юрий Иванович, Власов Владимир Николаевич; № 2000103399/06; заявл.14.02.2000; опубл.10.03.2001.

86. United States Patent US 7328503 B2, B 23 P 19/00. RECYCLING SYSTEM FOR ENGINE OIL FILTER / Wen-Cheng Houg. 2008.

87. Бутовский М.Э. Утилизация автомобильных масляных фильтров. *Журнал автомобильных инженеров*. №2 (61). 2011. С.32-33.

88. Комаров Я.В., Пухов Е.В., Горбатенко Д.А., Дрозд А.В. Разработка конструкции устройства для отдельного сбора отработанных масляных фильтров и масел. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. №3 (46). 2015. С. 132-135.

89. Патент 20424 Украина, МПК: B09B 3/00 Процесс рециклінгу масляних фільтрів, виконаний закаткою корпусу на кришку / Колтунов Г.А.; заявник і власник патенту Київ. український інст. пром. власності. – № 200608913; заявл. 10.08.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1, 2007.

90. FilterMatic. The Green Oil Filter Recycling machine. URL: <http://www.filtermatic.net>.

91. Recycling Used Oil Filters. URL:<http://www.bendpak.com/Shop-Equipment/Oil-Filter-Crushers/>.

92. Our Patented System. CLOSED LOOP SYSTEM. URL: <http://www.unitedrecyclers.com/technology.html>.

93. MeWa Recycling Anlagen: Oil filter plant. Oil filter: From hazardous waste to valuable raw materials. *MeWa-News*. September, 2011. P.4-5.

94. Patent USA N 5236136, B 02 C 23/14; B 30 B 09/02. System and method for recycling used oil filters/ McCarty; Michael W., Taylor; James M., Baillie; Lloyd A., Appl. No.: 07/810875; Filed: December 20, 1991, August 17, 1993.

95. How Do You Recycle Oil Filters? URL:
<http://www.howdoyourecycleoilfilters.com>.

96. Patent USA N 5236136, B 02 C 23/14; B 30 B 09/02. System and method for recycling used oil filters/ McCarty; Michael W., Taylor; James M., Baillie; Lloyd A., Appl. No.: 07/810875; Filed: December 20, 1991, August 17, 1993.

97. Oil Filter Recycling. URL.: <http://cleanalliance.com/our-services/recycling-solutions/oil-recycling-services/oil-filter-recycling>.

98. Патент 2163847 РФ, МПК7: B09B3. Способ переработки масляных фильтров и устройство для его реализации / Бабенко Ю.И., Власов В.Н.; патентообладатель Бабенко Юрий Иванович, Власов Владимир Николаевич; № 2000103399/06; заявл.14.02.2000; опубл.10.03.2001.

99. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96, затверджений наказом Держстандарту України 29.02.1996 N 89.

100. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 433, від 04.11.2011 року «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності із здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами».

101. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем: монографія. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. 366 с.

102. Шевчик Л.З. Екологічна оцінка та фіторемедіація нафтозабруднених ґрунтів: автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «екологія». Львів. 2017. – 20 с.

103. Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.

104. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти (формы проявления, основные процессы, модели). *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. М.: Наука, 1988. С. 24-41.

105. Тюленева В.А., Соляник В.А., Соляник И.В. Биовосстановление почв, загрязненных нефтепродуктами. *Вісник Сумського державного університету. Сер. Технічні науки*. 2004. №2 (61). С. 177-18.

106. Голік Ю.С., Ганошенко О.М., Енергоефективні та природоохоронні складові утилізації відпрацьованих автомобільних фільтрів Матеріали VI Всеукр. науково – практ. конф. *Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки*. (Полтава, 19-20 грудня 2013 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2013. С. 116-122.

107. Голік Ю.С., Ганошенко О.М. Аналіз легкового автомобільного парку України та Полтавської області як забруднювача довкілля. Матеріали всеукр. конфер. *Регіональна екологія: сьогодення та напрями розвитку*. (Полтава, 22-23 квітня 2014 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2014. С. 3-5.

108. Вечеря 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.

109. 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.

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

111. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва : Наука, 1971. 283 с.

112. Новик Ф. С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304 с.

113. МВВ № 081/12-0116-03. Методика виконання вимірювань масової частки нафтопродуктів гравіметричним методом.
114. Романюк О.І. Розробка наукових основ комплексного екологічного моніторингу та методології відновлення техногенно зміненого довкілля. *Звіт по держбюджетній тем. Львів. Відділення ФХГК ІнФОХВ імені Л.М. Литвиненка НАН України*. 2016. 202 с.
115. Шевчик Л. З., Романюк О. І. Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених ґрунтів. *Scientific Journal «Science Rise: Biological Science»*. №1(4)2017. С.31-39.
116. Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2006. Вип. 33. С. 144–151.
117. Гринчишин Н. М., Бабаджанова О. Ф. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів. *Науковий вісник НЛТУ*. 2012. Вип. 22.7. С. 43–49.
118. Приходько М.М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем. *Монографія – К.: Центр екологічної освіти та інформації*. 2013. 201 с.
119. ГОСТ 17.1.5.05-85. Загальні вимоги до відбору проб поверхневих і морських вод, льоду і атмосферних опадів.
120. Керівництво по контролю забруднення атмосфери. 52.04.186-89 РД (З 01.07.1991 діє). М.: Держкомгідромет, 1991.
121. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України N 171 від 27.10.97 «Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства».
122. Офіційний веб-сайт. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. URL: <https://ngo.land.gov.ua/uk/map/>
123. 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. – № у 201505525; заявл. 04.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23, 2015 р.

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

125. Калініченко Т.С., Ганошенко О.М., Голік Ю.С. Оцінка впливу відпрацьованого моторного масла на ґрунт. Матеріали V Міжнародної наук. Конф. Молодих вчених та студентів. *Екологія. Довкілля. Молодь*. (Полтава, 22-23 жовтня 2015 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2015. С. 116-119.

126. 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.

127. Holik Y., Ganoshenko E., Maksjuta 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.

128. Виды и замена воздушного фильтра. URL: <http://avtomotoprof.ru/svoimi-rukami/vidyi-i-zamena-vozdushnogo-filtra/>.

129. Топливный фильтр и его замена. URL: <http://avtomotoprof.ru/svoimi-rukami/toplivnyiy-filtr-i-ego-zamena/>.

130. Салонные фильтры: необходимость или пустая трата денег? URL: <http://avtomotoprof.ru/obslyzhivanie-i-uhod-za-avtomobilem/salonnnye-filtryi-neobhodimost-ili-pustaya-trata-deneg/>.

131. Масляный фильтр – как выбрать качественный? URL: <http://avtomotoprof.ru/v-pomoshh-avtomobilistu/maslyanyiy-filtr-kak-vyibrat-kachestvennyiy/>.

132. ДСТУ 3437-96. Нафтопродукти. Терміни та визначення - К.: Держстандарт України, 1996 р. – с. 53.
133. Что нужно знать о моторном масле. Виды масел. URL: <http://www.castrol.com/castrol/sectiongenericarticle.do?categoryId=9037565&contentId=7069060>
134. Катрушов О.В, Костенко В.О., Батухіна І.В., Соловійова Н.В., Філатова В.Л. Патогенна дія відпрацьованих моторних масел: недооцінена небезпека. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісн. Української мед. стоматол. академії*. 2009. Т.9, №3. С.188-193.
135. ТОВ “Полтавагаз збут” інформує споживачів природного газу щодо тарифів та ціни на природний газ для промислових споживачів та бюджетних організацій з 1 квітня 2019 року. URL: http://poltavagazzbut.com.ua/?page_id=28.
136. Шиляев М.И, Шилаев А.М. Энергетический принцип сравнения системы пылеулавливания. Изд. Вузов. Теплофизика. 2000, №4. С. 80-87.
137. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справочное издание. А.: Металлургия, 2012, 544 с.
138. Соловьев А.К., Михеев В.О., Пуликов П.С. Очистка дымовых газов от оксидов серы. Вестник СГИУ. 2014. С. 33-36.
139. Производство рукавных фильтров нового поколения. *Межотраслевой научно-практический журнал «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА»*. № 5 (январь-июнь 2013г.). С.6-12.
140. Чистяков Я.В., Махнин А.А., Невский А.В. Разделение газопылевого потока в центробежно-инерционном пылеуловителе с позиций эколого-экономического подхода. Вестник МИТХТ. 2012. Т. 7. № 3.
141. Лазарев В.А., Циклони и вихреые аппараты. Справочник. Нижний Новгород. 2006 г. стр. 131-136.
142. Ганошенко О.М., Голик Ю.С., Колтунов Г.А. Ресурсный потенциал отработанных автомобильных фильтров. *Sciences of Europe*. Vol 2, №5 (5) (2016). С.72-77.

143. Ганошенко О.М., Голік Ю.С., Колтунов Г.А., Іванченко Н.В. Утилізація відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів. Технологія рециклінга. *Екологічний вісник*. 2016. № 1(95). С.26-28.

144. 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.

145. 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.

146. 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., Вечеря 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.

147. Матвеева О. Л., Демянко Д.О., Огданська І.О. Аналіз проблем та перспектив використання методів очищення нафтовмісних стічних вод. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна*. 2012. Вип. (41). С. 181–186.

148. Матвеева О.Л., Качуренко Я.О. Аналіз методів очищення нафтовмісних вод із застосуванням рослинних сорбентів типу *Sphagnum*. *Наукоємні технології*. 2013. №1 (17). С. 97–99.

149. Кириченко О.В., Мальований М.С., Сакалова Г.В. Дослідження сорбційного вилучення нафти з води глинистими сорбентами в статичних умовах. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2010. № 3. С. 19 - 22.

150. Мальований М.С., Петрушка І.М. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами: монографія. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. 180 с.
151. Yury Holik, Elena Ganoshenko Experimental research of withdrawal of oil remains from the used “KOLLAN” oil filters. *Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, No. 2. P. 87-91.
152. Ганошенко О.М. Зменшення негативного впливу відпрацьованих автомобільних фільтрів на довкілля. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. *Архітектура: Естетика + Екологія + Економіка*. (Полтава, 2-3 жовтня 2018 р.). Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка. С. 83-84.
153. 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.
154. Ганошенко О.М., Голік 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.
155. Ганошенко О.М., Голік 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.
156. 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 2019р.) КВНЗ “Вінницька академія неперервної освіти”. С. 239-242.

157. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Український науковий центр технічної екології, том I-III, Донецьк, 2004. 184 с.
158. Питомі показники викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від основних виробництв промисловості та сільського господарства. К.: Мінекоресурсів України, 2001.
159. ГДК 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. К., 2002., 43 с.
160. Збірник методик розрахунку змісту забруднюючих речовин у викидах від неорганізованих джерел забруднення атмосфери, ВАТ «УКРНТЕК», м. Донецьк, 1994г.
161. Методика визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні палива в казанах продуктивністю менше 30 тонн пари на годину або менше 20 Гкал на годину. М.,; Державний комітет РФ по охороні навколишнього середовища, 1999.
162. Роддатіс К.Ф., Полтарецькій О.М. Довідник по котельних установок малої потужності. М, Вища школа, 1989.
163. Методика розрахунку концентрацій шкідливих речовин, які містяться у викидах підприємств, ОНД-86 Держкомгідромет. Л.: Гідрометеовидав. 93с.
164. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ, 2003. 24 с.
165. Порядок обчислення та сплати екологічного податку URL: <http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/7255>
166. Податковий Кодекс України: [Чинний від від 02.12.2010 р. № 2755-VI]. К.: Вісник Державної Фіскальної служби України, 2016. 336 с.
167. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в

атмосферне повітря: затв. Міністерством охорони навколишнього природного середовища України 10.12.2008: введ. в дію з 21.01.2009. К., 2009. 1 с.

168. Мінприроди України. НАКАЗ від 28.12.2016 № 548 "Про затвердження Змін до Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря".

ДОДАТОК А

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:

1. 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.

2. 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.

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

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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., Вечеря 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.

ДОДАТОК Б

Впровадження результатів дисертаційних досліджень

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ПАТ «НДІ КОЛАН»

А. Колтунов

« 01 » _____ 2019 р.



ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ удосконаленої технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Даною довідкою підтверджується, що результати удосконаленої технології утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів, запропонованої Ганошенко О.М., старшим викладачем кафедри прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка рекомендовано до застосування на підприємстві ПАТ «НДІ КОЛАН».

За результатами науково-практичного дослідження, встановлено наступне:

- експериментальні дослідження показали, що компонентний склад відпрацьованих автомобільних фільтрів має високий ресурсоцінний потенціал, отже існує можливість отримання економічного ефекту при застосуванні технології їх утилізації. Використання енергетичного потенціалу відпрацьованого фільтрувального паперу із залишками моторного масла дозволяє суттєво зменшити щорічні витрати на опалення підприємства ПАТ «НДІ КОЛАН» за рахунок використання газового палива.
- розроблено конструкцію установки для промивання забрудненого фільтрувального паперу і технологію промивання, яка дає змогу додатково вилучити ресурсоцінні компоненти, зменшити кількість відпрацьованого масла, та підготувати його для подальшого спалювання з утворенням меншої кількості забруднювальних речовин;

Продовження додатку Б

– доведено, що попереднє оброблення фільтрувального паперу мийним розчином дозволяє зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище, так вміст відпрацьованого масла зменшується 45-55%, а кількість забруднювальних речовин у димових газах на: сірчистий ангідрид – 89%, діоксид азоту – 15%, оксид вуглецю – 66%, сажа – 86%.

ПАТ “НДІ КОЛАН” в теперішній час застосовує запропоновану Ганошенко О.М. удосконалену технологію утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.

Зам директора з наукової роботи

ПАТ “НДІ КОЛАН”



(Ю.С.Голік)

ДОДАТОК В

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Генеральний директор науково-технічного центру

Полтавського відділення

Інженерної академії України

Інженер проф. к.т.н. Ю.С. Голік

2019 р.



АКТ

впровадження способу утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів

Комісія у складі: дійсного члена Інженерної Академії України, к.т.н., професор Голіка Ю.С., дійсного члена Інженерної Академії України, к.т.н., доцента Ілляш О.Е., члена-кореспондента Інженерної Академії України, к.т.н., доцента Степової О.В. відзначає, що за результатами науково-практичного дослідження, проведених Ганошенко О.М. встановлено наступне:

- розроблений спосіб утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів дозволяє мінімізувати їх негативний вплив на навколишнє природне середовища та вилучити ресурсоцінні компоненти;
- експериментально встановлено, що застосування розробленого способу дозволяє отримати відпрацьоване автомобільне масло, що може бути передане на регенерацію відповідним підприємствам;
- розроблено принципову технологічну схему утилізації забрудненого фільтрувального паперу ВАМФ, яка складається з ємностей для промивання фільтрувального паперу, збирання нафтопродукту та відпрацьованого мийного розчину, утримуючої решітки, мішалки та

Продовження додатку В

електродвигуна, карману для відведення нафтопродукту, печі для спалювання очищеного фільтрувального паперу.

Перевагою даного способу є запобігання утворення небезпечного відходу – відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів в навколишнє середовище.

Науково-технічний центр Полтавського відділення Інженерної Академії України в теперішній час використовує запропонований Ганошенко О.М. спосіб утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.

Дійсний член Інженерної
Академії України,
к.т.н., професор



Ю.С. Голік

Дійсний член Інженерної
Академії України,
к.т.н., доцент



О.Е. Ілляш

Член-кореспондент Інженерної
Академії України,
к.т.н., доцент



О.В. Степова

Старший викладач кафедри прикладної екології
та природокористування

Полтавського національного технічного

університету імені Юрія Кондратюка



О.М. Ганошенко

ДОДАТОК Г

Впровадження результатів дисертації у навчальний процес

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи

Полтавського національного
технічного університету

імені Юрія Кондратюка
д.т.н. доц. Коробко Б.О.



_____ 2019р.

АКТ

Впровадження у навчальний процес підготовки здобувачів ступеня вищої освіти магістр за спеціальностями 101 – «Екологія» та 183 – «Технології захисту навколишнього середовища» результатів дисертаційної роботи Ганошенко О.М. «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів».

Ми, що нижче підписалися, в.о. директора навчально-наукового інституту нафти і газу, д.т.н., професор Винников Ю.Л., в.о. завідувача кафедри прикладної екології та природокористування к.т.н., доцент Ілляш О.Е., старший викладач кафедри прикладної екології та природокористування Ганошенко О.М. склали цей про те, що у Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка проведено впровадження практичних результатів дисертаційної роботи Ганошенко О.М. «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів» 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».

Продовження додатку Г

У програмі навчальної дисципліни використані наступні основні елементи науково-дослідної роботи: стан утворення відпрацьованих складових автомобільного транспорту; оцінювання впливу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів на ґрунт та атмосферне повітря; аналіз методів утилізації відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів; теоретичні відомості та практичні результати щодо кількісно-якісного складу продуктів горіння процесу термічного знешкодження фільтрувального паперу відпрацьованих автомобільних масляних фільтрів.

Результатом упровадження в навчальний процес матеріалів дисертаційної роботи є підвищення ефективності роботи студентів, що забезпечило високу якість підготовки фахівців.

В.о. директора навчально-наукового
Інституту нафти і газу, д.т.н., професор



Ю.Л. Винников

В.о. завідувача кафедри прикладної
екології та природокористування,
к.т.н., доцент



О.Е. Ілляш

Ст. викладач кафедри прикладної
екології та природокористування



О.М. Ганошенко

ДОДАТОК Д.1

Додаток Д.1
до Методики визначення
розмірів шкоди, зумовленої
забрудненням і засміченням
земельних ресурсів через
порушення природоохоронного
законодавства

КОЕФІЦІЕНТИ

небезпечності забруднюючих речовин (Кн)

Група небезпечності	Ступінь небезпеки	Перелік забруднюючих речовин (показників вимірювань), що відповідають групі небезпечності*	Кн	
I	Надзвичайно небезпечні (ГДК/ОДК < 0,2 мг/кг)	Бенз-а-пірен Кадмій** Миш'як Нафта Нафтопродукти*** Ртуть	Селен Свинець Стирол Фенол Фтор Цинк	4,0
II	Дуже небезпечні (ГДК/ОДК 0,2-0,5 мг/кг)	Бензол Бор Кобальт Ксилоли Мідь Молібден	Нікель Сірководень Сурма Толуол Хром	3,0
III	Помірно небезпечні (ГДК/ОДК > 0,5 мг/кг)	Аніонні поверхнево-активні речовини (АПАР) Ацетальдегід Барій Ванадій Вольфрам Марганець Нітрати	Стронцій Сульфати Формальдегід	2,5
IV	Інші (рівні ГДК/ОДК не встановлені)	Амоній Хлориди		1,5

* Перелік забруднюючих речовин (показників вимірювань), що відповідають групі небезпечності, не є вичерпним. Якщо забруднююча речовина відсутня у переліку, групу її небезпечності визначають за величиною ГДК або ОДК.

** Більшість назв забруднюючих речовин (показників вимірювань) подані за назвами хімічних елементів.

*** Терміни нафта і нафтопродукти подані згідно з ДСТУ 3437-96 "Нафтопродукти. Терміни та визначення".

{ Додаток 1 в редакції Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища N 149 ([z0422-07](#)) від 04.04.2007 }

ДОДАТОК Д.2

Додаток Д.2
до Методики визначення
розмірів шкоди, зумовленої
забрудненням і засміченням
земельних ресурсів через
порушення природоохоронного
законодавства

ШКАЛА еколого-господарського значення земель

Категорії земель та землі, що підлягають особливій охороні	Кег
Зона санітарної охорони навколо об'єктів, де є підземні та відкриті джерела водопостачання, водозабірні та водоочисні споруди, водоводи, прибережні захисні смуги вздовж морів, річок та навколо водойм	5,5
Землі оздоровчого призначення	5,0
Землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення*	4,5
Охоронна зона навколо особливо цінних природних об'єктів, об'єктів культурної спадщини, гідрометеорологічних станцій тощо	4,0
Землі рекреаційного призначення	4,0
Землі історико-культурного призначення	4,0
Особливо цінні землі**	3,5
Землі сільськогосподарського призначення	1,0
Землі житлової та громадської забудови	1,0
Землі лісового фонду	1,0
Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення	1,0

* У тому числі земельні ділянки водно-болотних угідь, що не віднесені до земель лісового і водного фонду

** Відповідно до переліку особливо цінних груп ґрунтів, затвердженого наказом Держкомзему України від 06.10.2003 N 245 ([z0979-03](#)), зареєстрованого в Мін'юсті України 28.10.2003 за N 979/8300.

{ Додаток 2 в редакції Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища N 149 ([z0422-07](#)) від 04.04.2007 }

ДОДАТОК Д.3

Додаток Д.3
до Методики визначення
розмірів шкоди, зумовленої
забрудненням і засміченням
земельних ресурсів через
порушення природоохоронного
законодавства

ІНДЕКС поправки на глибину просочування забруднюючої речовини (Іп)

Глибина просочування, м	Іп
0-0,2	0,100
0-0,4	0,082
0-0,6	0,070
0-0,8	0,060
0-1,0	0,054
0-1,2	0,049
0-1,4	0,044
0-1,6	0,040
0-1,8	0,037
0-2,0	0,033

{ Додаток 3 в редакції Наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища N 149 ([z0422-07](#)) від 04.04.2007 }

ДОДАТОК Д.4

Додаток Д.4
до Методики визначення
розмірів шкоди, зумовленої
забрудненням і засміченням
земельних ресурсів через
порушення природоохоронного
законодавства

ВІДНОСНА ГУСТИНА
деяких забруднюючих речовин
при температурі + 20 град С (Щзр)

Речовина*	Густина, т/куб.м	Речовина*	Густина, т/куб.м
Адипінова кислота	1,36	м-Ксиленол	1,022
Азелаїнова кислота	1,03	м-Ксилол	0,864
Азид свинцю	4,71	Молібден	10,20
Азобензол	1,20	Мурашина кислота	1,22
Акрилова кислота	1,06	Нафта	0,73-1,04
Акрилонітрил	0,81	Нафта парафінована	0,75-0,80
Аліловий спирт	0,85	Нікель	8,90
Алюміній	2,70	Ніобій	8,60
Анілін	1,02	Нітрат алюмінію	3,5-3,9
Анісовий спирт	1,11	Нітрат заліза	1,684
Арсенід міді	8,00	Нітрат міді	2,04
Ацетон	0,79	Нітрид заліза	6,57
Барій	3,50	Оксид алюмінію	3,01
Бензальдіацитат	1,11	Оксид ртуті	11,14
Бензамід	1,341	о-Ксилол	0,881
Бензидин	1,25	Олово	7,30
Бензил	1,23	Оцтова кислота	1,05
Бензил хлористий	1,103	Паладій	11,9
Бензил ціанистий	1,015	Паливо дизельне	0,83
Бензиламін	0,982	п-Ксилол	0,861
Бензилацетон	0,989	Платина	21,45

Бензиловий спирт	1,045	Пропилова кислота	0,99
Бензин	0,73	Пропиловий спирт	0,80
Бензоїн	1,31	Ртуть	14,193
Бензол	0,88	Рубідій	1,53
Бензол хлористий	1,219	Рутеній	12,22
Берилій	1,85	Саліцилова кислота	1,44
Бор	2,30	Свинець	11,30
Борид міді	8,116	Селен	4,80
Бром	3,10	Сечовина (карбамід)	1,33
Бутиловий спирт	0,81	Сірка аморфна	1,92
Валеріанова кислота	0,94	Сірка моноклінічна	1,96
Ванадій	5,96	Сірка ромбічна	2,07
Ванілін	1,06	Скандій	2,50
Вісмут	9,80	Срібло	10,5
Вольфрам	19,3	Стирол	0,906
Вуглець	2,30	Стронцій	2,60
Гафній	13,3	Сурма	6,60
Гептан	0,68	Талій	11,85
Германій	5,35	Тантал	16,6
Гліцерин	1,26	Телур	6,24
Етиловий спирт	0,79	Титан	4,50
Залізо	7,90	Толуол	0,87
Ізобутил: йодистий	1,60	Уран	18,7
бромистий	1,27	Фенол	1,07
хлористий	0,88	Фенолфталеїн	1,30
Йод (тв.)	4,93	Формальдегід	0,815
Йодид миш'яку	4,39	Формаїд	1,139
Кадмій	8,65	Фосген	1,392
Керосин	0,77-0,85	Фосфор (білий)	1,85
Кобальт	8,70	Фторид миш'яку	2,66

котельне	0,90-0,93	Фторид урану	8,95
Кремній	2,40	Фторид хлору	3,89
Магній	1,70	Хлорид миш'яку	2,163
Малеїнова кислота	1,59	Хром	7,19
Марганець	7,40	Цезій	1,90
Масла	0,86-0,89	Цинк	7,10
Метаборат міді	3,859	Цирконій	6,40
Миш'як	5,727	Щавлева кислота	1,90
Мідь	8,90		

* Перелік наведених забруднюючих речовин не є вичерпним. Якщо речовина відсутня у додатку 4, значення відносної густини визначають за довідниками.

ДОДАТОК Ж.1

Розрахунок екстремуму функції

$$\begin{aligned}
f := & 33.56 + 2.81 \cdot \frac{c-100}{50} + 5.67 \cdot \frac{t-55}{15} + 5.23 \cdot \frac{\tau-15}{6} + 12.06 \cdot \frac{\Delta m - 5.315}{1.195} - 0.62 \cdot \frac{c-100}{50} \\
& \cdot \frac{\Delta m - 5.315}{1.195} - 0.71 \cdot \frac{t-55}{15} \cdot \frac{\tau-15}{6} - 0.61 \cdot \frac{c-100}{50} \cdot \frac{t-55}{15} \cdot \frac{\tau-15}{6} - 1.019 \cdot \frac{c-100}{50} \\
& \cdot \frac{\tau-15}{6} \cdot \frac{\Delta m - 5.315}{1.195} - 0.606 \cdot \frac{c-100}{50} \cdot \frac{t-55}{15} \cdot \frac{\tau-15}{6} \cdot \frac{\Delta m - 5.315}{1.195}; \\
& -59.56424687 + 0.05620000000 c + 0.3780000000 t + 0.8716666667 \tau + 10.09205021 \Delta m \\
& - 0.5188284519 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.71 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\
& - 0.61 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\
& - \frac{5}{2} (\Delta m - 5.315) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315)
\end{aligned} \tag{1}$$

$$Diff(f, c) = simplify(diff(f, c));$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial c} & \left(-59.56424687 + 0.05620000000 c + 0.3780000000 t + 0.8716666667 \tau \right. \\
& + 10.09205021 \Delta m - 0.5188284519 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.71 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\
& - \frac{11}{3} \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.61 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\
& - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \\
& \left. \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \right) = 0.2670472103 - 0.06071129702 \Delta m \\
& + 0.0004634012085 t \tau - 0.006951018127 t - 0.01037971639 \tau + 0.003355648532 \tau \Delta m \\
& - 0.0001126917712 t \tau \Delta m + 0.001690376568 t \Delta m
\end{aligned} \tag{2}$$

$$Diff(f, t) = simplify(diff(f, t));$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial t} & \left(-59.56424687 + 0.05620000000 c + 0.3780000000 t + 0.8716666667 \tau \right. \\
& + 10.09205021 \Delta m - 0.5188284519 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.71 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\
& - \frac{11}{3} \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.61 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\
& - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \\
& \left. \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \right) = 1.191435146 - 0.05422900976 \tau \\
& + 0.0004634012087 c \tau - 0.006951018131 c - 0.0001126917713 c \tau \Delta m \\
& + 0.001690376569 c \Delta m + 0.01126917713 \tau \Delta m - 0.1690376569 \Delta m
\end{aligned} \tag{3}$$

$$Diff(f, \tau) = simplify(diff(f, \tau));$$

ДОДАТОК Ж.2

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \tau} & \left(-59.56424687 + 0.05620000000 c + 0.3780000000 t + 0.8716666667 \tau \right. \\ & + 10.09205021 \Delta m - 0.5188284519 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.71 \left(\frac{1}{15} t \right. \\ & \left. - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.61 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\ & - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c \right. \\ & \left. - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \Big) = 2.343527197 - 0.05422900976 t \\ & + 0.0004634012087 c t - 0.01037971641 c + 0.003355648536 c \Delta m - 0.3355648536 \Delta m \\ & - 0.0001126917713 c t \Delta m + 0.01126917713 t \Delta m \end{aligned} \quad (4)$$

$Diff(f, \Delta m) = \text{simplify}(\text{diff}(f, \Delta m));$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \Delta m} & \left(-59.56424687 + 0.05620000000 c + 0.3780000000 t + 0.8716666667 \tau \right. \\ & + 10.09205021 \Delta m - 0.5188284519 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.71 \left(\frac{1}{15} t \right. \\ & \left. - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.61 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\ & - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c \right. \\ & \left. - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \Big) = 16.16317991 - 0.06071129707 c \\ & + 0.003355648535 c \tau - 0.3355648535 \tau - 0.0001126917713 c t \tau + 0.001690376569 c t \\ & + 0.01126917713 t \tau - 0.1690376569 t \end{aligned} \quad (5)$$

$eq1 := \text{diff}(f, c); eq2 := \text{diff}(f, t); eq3 := \text{diff}(f, \tau); eq4 := \text{diff}(f, \Delta m);$

$$\begin{aligned} 0.1113514644 - 0.01037656904 \Delta m - 0.01220000000 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\ - 0.01705439331 \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) - 0.01014225941 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau \right. \\ \left. - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.4963333333 - 0.007888888889 \tau - 0.04066666667 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\ - 0.03380753138 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.305555556 - 0.007888888889 t - 0.1016666667 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \\ - 0.1421199442 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.08451882845 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t \right. \\ \left. - \frac{11}{3} \right) (\Delta m - 5.315) \end{aligned}$$

ДОДАТОК Ж.3

$$11.12970711 - 0.01037656904 c - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \quad (6)$$

$sis := \{eq1=0, eq2=0, eq3=0, eq4=0\};$

$$\left\{ \begin{aligned} &0.4963333333 - 0.007888888889 \tau - 0.04066666667 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) \\ &- 0.03380753138 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) = 0, 11.12970711 \\ &- 0.01037656904 c - 0.8527196653 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.5071129707 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \\ &\left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) = 0, 0.1113514644 - 0.01037656904 \Delta m \\ &- 0.01220000000 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) - 0.01705439331 \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) \\ &- 0.01014225941 \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \left(\frac{1}{6} \tau - \frac{5}{2} \right) (\Delta m - 5.315) = 0, 1.305555556 \\ &- 0.007888888889 t - 0.1016666667 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \\ &- 0.1421199442 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) (\Delta m - 5.315) - 0.08451882845 \left(\frac{1}{50} c - 2 \right) \left(\frac{1}{15} t - \frac{11}{3} \right) \\ &\left(\Delta m - 5.315 \right) = 0 \end{aligned} \right\}$$

$s := solve(sis);$

$$\left\{ \begin{aligned} &c = 1039.123912, t = 35.87284753, \tau = 15.53815122, \Delta m = 10.67457863, \{c = -274.3999204, t \\ &= 43.32593199, \tau = -9.450592818, \Delta m = 4.665505102\}, \{c = 248.9141471, t \\ &= 75.91357567, \tau = 26.03910347, \Delta m = 5.682483205\}, \{c = 114.7920756, t = 162.7616899, \\ &\tau = 59.83335133, \Delta m = 4.437458533\}, \{c = 52.89226902 + 198.4621873 I, t = 0.5444471685 \\ &+ 23.52190812 I, \tau = 11.88021515 + 12.10254189 I, \Delta m = 3.027570348 + 0.9477250914 I\} \\ &, \{c = 52.89226902 - 198.4621873 I, t = 0.5444471685 - 23.52190812 I, \tau = 11.88021515 \\ &- 12.10254189 I, \Delta m = 3.027570348 - 0.9477250914 I\} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ДОДАТОК К

Випадок 1.

Стала тривалість промивання та початковий вміст масла.

```

> restart : readlib(extrema) :
> f := 33.56 + 2.81 * (c - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (21 - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.62
    * (c - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6 - 0.61 * (c - 100) / 50 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6
    - 1.019 * (c - 100) / 50 * (21 - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (c - 100) / 50 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6
    * (6.51 - 5.315) / 1.195 ;
f := 30.32133333 + 0.02342000000 c + 0.3306666667 t - 1.216000000 ( (1/50 c - 2) ) ( (1/15 t
    - 11/3 )
> extrema(f, { }, {t, c}, 's');
{55.62644737}
{ {c = 303.9473685, t = 69.44490131} }
> simplify( 33.56 + 2.81 * (c - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (21 - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
    - 0.62 * (c - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6 - 0.61 * (c - 100) / 50 * (t - 55) / 15
    * (21 - 15) / 6 - 1.019 * (c - 100) / 50 * (21 - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (c - 100) / 50 * (t - 55) / 15
    * (21 - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 )
21.40400000 + 0.1125933333 c + 0.4928000000 t - 0.001621333333 c t
> plot3d( 33.56 + 2.81 * (c - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (21 - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
    - 0.62 * (c - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6 - 0.61 * (c - 100) / 50 * (t - 55) / 15
    * (21 - 15) / 6 - 1.019 * (c - 100) / 50 * (21 - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (c - 100) / 50 * (t - 55) / 15
    * (21 - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 , t = 10.0 .. 200.0, c = 10.0 .. 500.0, grid = [30, 30], axes = framed,
    color = t + c )

```


ДОДАТОК К.2

Випадок 2.

Стала температура та початковий вміст масла.

```

> restart : readlib(extrema) :
> f := 33.56 + 2.81 * (c - 100) / 50 + 5.67 * (70 - 55) / 15 + 5.23 * (tau - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.62
    * (c - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (70 - 55) / 15 * (tau - 15) / 6 - 0.61 * (c - 100) / 50 * (70 - 55) / 15
    * (tau - 15) / 6 - 1.019 * (c - 100) / 50 * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (c - 100) / 50 * (70 - 55) / 15
    * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195
f := 35.61000000 + 0.0438000000 c + 0.7533333334 tau - 2.235000000 ( (1/50 c - 2) ) ( (1/6 tau
- 5/2) )
(1)

> simplify( 33.56 + 2.81 * (c - 100) / 50 + 5.67 * (70 - 55) / 15 + 5.23 * (tau - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
- 0.62 * (c - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (70 - 55) / 15 * (tau - 15) / 6 - 0.61 * (c - 100) / 50 * (70 - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 - 1.019 * (c - 100) / 50 * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (c - 100) / 50 * (70 - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 )
24.43500000 + 0.1555500000 c + 1.498333333 tau - 0.007450000000 c tau
(2)

> extrema(f, { }, {tau, c}, 's');
{55.71899330}
{{c = 201.1185682, tau = 20.87919463}}
(3)

>
(4)

> plot3d( 33.56 + 2.81 * (c - 100) / 50 + 5.67 * (70 - 55) / 15 + 5.23 * (tau - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
- 0.62 * (c - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (70 - 55) / 15 * (tau - 15) / 6 - 0.61 * (c - 100) / 50 * (70 - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 - 1.019 * (c - 100) / 50 * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (c - 100) / 50 * (70 - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195, tau = 1.0 .. 60.0, c = 10.0 .. 400.0, grid = [30, 30], axes = framed,
color = tau + c )

```

ДОДАТОК К.3

Випадок 3.

Стала кількість мийного засобу та тривалість промивання.

```

>
> restart : readlib(extrema) :
> f := 33.56 + 2.81 * (150 - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (21 - 15) / 6 + 12.06 * (Δm - 5.315) / 1.195
      - 0.62 * (150 - 100) / 50 * (Δm - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6 - 0.61 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
      * (21 - 15) / 6 - 1.019 * (150 - 100) / 50 * (21 - 15) / 6 * (Δm - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
      * (21 - 15) / 6 * (Δm - 5.315) / 1.195
f := -20.69946863 + 0.2900000000 t + 8.720502093 Δm - 0.5071129707 ( (1/15 t - 11/3) (Δm - 5.315) ) (1)
>
> extrema(f, {t, Δm}, 's');
{116.4042079}
{ {t = 312.9455446, Δm = 13.89297030} } (2)
>
> simplify ( 33.56 + 2.81 * (150 - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (21 - 15) / 6 + 12.06 * (Δm - 5.315) / 1.195
      - 0.62 * (150 - 100) / 50 * (Δm - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6 - 0.61 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
      * (21 - 15) / 6 - 1.019 * (150 - 100) / 50 * (21 - 15) / 6 * (Δm - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
      * (21 - 15) / 6 * (Δm - 5.315) / 1.195 )
simplify ( -20.69946863 + 0.2900000000 t + 8.720502093 Δm - 0.5071129707 ( (1/15 t - 11/3) (Δm - 5.315) ) ) (3)
>
>
> plot3d ( 33.56 + 2.81 * (150 - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (21 - 15) / 6 + 12.06 * (Δm - 5.315) / 1.195
      - 0.62 * (150 - 100) / 50 * (Δm - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (21 - 15) / 6 - 0.61 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
      * (21 - 15) / 6 - 1.019 * (150 - 100) / 50 * (21 - 15) / 6 * (Δm - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
      * (21 - 15) / 6 * (Δm - 5.315) / 1.195 , t = 10.0 .. 200.0, Δm = 1.0 .. 20.0, grid = [30, 30], axes = framed,
      color = t + Δm )

```

ДОДАТОК К.4

Випадок 4.

Стала кількість мийного засобу та початковий вміст масла.

```
> restart : readlib(extrema) :
> f:= 33.56 + 2.81 * (150 - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (tau - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
- 0.62 * (150 - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (tau - 15) / 6 - 0.61 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 - 1.019 * (150 - 100) / 50 * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195
f:= 16.49250000 + 0.3780000000 t + 0.7018333334 tau - 1.9260000000 ( (1/15 t - 11/3) ) ( (1/6 tau
- 5/2) )
```

(1)

```
> extrema(f, { }, {tau, t}, 's');
{60.20686915}
{{t=87.79595014, tau=32.66355140}}
```

(2)

```
> simplify( 33.56 + 2.81 * (150 - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (tau - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
- 0.62 * (150 - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (tau - 15) / 6 - 0.61 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 - 1.019 * (150 - 100) / 50 * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 )
-1.162500000 + 0.6990000000 t + 1.878833333 tau - 0.02140000000 t tau
```

(3)

```
>
> plot3d( 33.56 + 2.81 * (150 - 100) / 50 + 5.67 * (t - 55) / 15 + 5.23 * (tau - 15) / 6 + 12.06 * (6.51 - 5.315) / 1.195
- 0.62 * (150 - 100) / 50 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.71 * (t - 55) / 15 * (tau - 15) / 6 - 0.61 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 - 1.019 * (150 - 100) / 50 * (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 - 0.606 * (150 - 100) / 50 * (t - 55) / 15
* (tau - 15) / 6 * (6.51 - 5.315) / 1.195 , tau=1.0..60.0, t=10.0..200.0, grid=[30, 30], axes=framed,
color=t+tau )
```