

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Факультет економіки та екології моря
Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри



“08” 12. 2025 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
на тему: **ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЙ
АВТОРЕМОНТУ ТА РОЗРОБКА СТРАТЕГІЙ МІНІМІЗАЦІЇ ЇХНЬОГО
НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ**

Виконав: студент 6281м групи



Мельничук Ю.В.
(підпис)

Керівник роботи: зав. кафедри
екології та ПТ, д.т.н., проф.



Трохименко Г. Г.
(підпис)

Консультант роботи: старший
викладач кафедри екології та ПТ



Гурець Н.В.
(підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Факультет економіки та екології моря
Кафедра екології та природоохоронних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища».
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми



“08” 12. 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Мельничуку Юрію Васильовичу
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка екологічної безпеки технологій авторемонту та розробка стратегій мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля.
Керівник роботи докт. техн наук, професор Трохименко Г.Г..
Затверджені наказом ректора No 1108-УЧ від «24» 10 2024 року
 2. Термін подання роботи: 08.12.2025 р.
 3. Вихідні дані по роботі: літературні та наукові джерела інформації, законодавча база України, статистичні данні
- Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів) Розділ 1. Теоретичні основи екологічної безпеки в авторемонтних технологіях. Розділ 2. Аналіз екологічних ризиків технологій авторемонту. Розділ 3. Методи та інструменти оцінки екологічної безпеки. Розділ 4. Розробка стратегій мінімізації негативного впливу. Розділ 5. Економічна оцінка ефективності запропонованих екологічних стратегій. Розділ 6. Охорона праці при виконанні авторемонтних робіт.
 - Перелік презентаційних матеріалів Основні критерії екологічної безпеки в галузі авторемонту. Основні технологічні процеси в авторемонті. Чинна нормативно-правова база екологічної безпеки автосервісних підприємств. Основні види та характеристики забруднень від діяльності автосервісних підприємств. Методи оцінки екологічних ризиків. Результати комплексної інтегральної оцінки екологічних ризиків. Визначення значущості екологічних аспектів автосервісного підприємства. Діаграма ранжування екологічних аспектів автосервісного підприємства. Схема аналізу життєвого циклу автосервісного підприємства. Основні процеси та середні річні обсяги використання речовини та енергії для типового автосервісу. Порівняльний аналіз методів оцінки екологічного впливу автосервісних підприємств в Україні. Технологічні рішення для зниження негативного екологічного впливу підприємств автосервісу. Інноваційні підходи до мінімізації екологічного впливу автосервісу. Висновки

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав	завдання прийняв
P6	Літвак О. А.		
P7	Маринець О. М.		

1. Дата видачі завдання 25.10.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

No з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
P1	Теоретичні основи екологічної безпеки в авторемонтних технологіях.	08.12.2025 р.	
P2	Аналіз екологічних ризиків технологій авторемонту.	08.12.2025 р.	
P3	Методи та інструменти оцінки екологічної безпеки.	08.12.2025 р.	
P4	Розробка стратегій мінімізації негативного впливу.	08.12.2025 р.	
P5	Економічна оцінка ефективності запропонованих екологічних стратегій.	08.12.2025 р.	
P6	Вплив екологічного фактору на оцінку вартості нерухомості в Україні	08.12.2025 р.	
P7	Охорона праці при виконанні авторемонтних робіт.	08.12.2025 р.	

Студент
(підпис)



Ю.В. Мельничук
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)



Г. Г. Трохименко
(прізвище та ініціали)

Консультант роботи
(підпис)



Н.В. Гурець
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

на магістерську роботу за темою «Оцінка екологічної безпеки технологій авторемонту та розробка стратегій мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля»

Мельничука Ю.В.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» з технології захисту довкілля – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – Миколаїв. – 2025.

Випускна кваліфікаційна робота присвячена оцінці екологічної безпеки технологій авторемонту та розробці стратегій мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля.

У першому розділі роботи подано теоретичні основи екологічної безпеки в авторемонтних технологіях.

У другому розділі проведено аналіз екологічних ризиків технологій авторемонту.

У третьому розділі застосовано методи та інструменти оцінки екологічної безпеки у сфері технологій авторемонту.

У четвертому розділі розроблено стратегії мінімізації негативного впливу.

У п'ятому розділі проведена економічна оцінка ефективності запропонованих екологічних стратегій.

В шостому розділі розглянуто питання охорони праці при виконанні авторемонтних робіт.

Ключові слова: авторемонтні технології, методи екологічної безпеки, інструменти екологічної безпеки, мінімізація негативного впливу.

ANNOTATION

for the master's thesis on the topic "Assessment of the environmental safety of car repair technologies and development of strategies to minimize their negative impact on the environment"

Melnychuk Yu.V.

Qualification work for the degree of higher education "Master" in Environmental Protection Technology - Admiral Makarov National University of Shipbuilding. - Mykolaiv. - 2025.

The final qualification work is devoted to the assessment of the environmental safety of car repair technologies and the development of strategies to minimize their negative impact on the environment.

The first section of the work presents the theoretical foundations of environmental safety in car repair technologies.

The second section analyzes the environmental risks of car repair technologies.

The third section applies methods and tools for assessing environmental safety in the field of car repair technologies.

The fourth section develops strategies to minimize negative impact.

The fifth section provides an economic assessment of the effectiveness of the proposed environmental strategies.

The sixth chapter discusses the issue of occupational safety when performing auto repair work.

Keywords: auto repair technologies, environmental safety methods, environmental safety tools, minimization of negative impact.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В АВТОРЕМОНТНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ.....	10
1.1. Поняття та критерії екологічної безпеки.....	10
1.2. Основні технологічні процеси в авторемонті	21
1.3. Нормативно-правова база екологічної безпеки у сфері автосервісу..	25
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОРЕМОНТУ.....	38
2.1. Характеристика основних видів забруднення.....	38
2.2. Оцінка токсичності та небезпеки матеріалів і реагентів.....	43
2.3. Методи кількісної та якісної оцінки екологічних ризиків.....	49
2.4. Приклади негативного впливу авторемонтних підприємств на довкілля.....	56
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	62
3.1. Методики екологічного моніторингу та контролю.....	62
3.2. Використання біотестування та фітотестування для оцінки токсичності.....	68
3.3. Системи екологічного менеджменту (ISO 14001 та інші стандарти) як інструмент забезпечення екологічної безпеки авторемонтних підприємств.....	70
3.4. Екологічна оцінка життєвого циклу (LCA) автосервісне підприємства.....	77

3.5. Порівняльний аналіз сучасних методів оцінки екологічної безпеки технологій авторемонту.....	81
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТРАТЕГІЙ МІНІМІЗАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОРЕМОНТУ.....	84
4.1. Технологічні рішення для зниження негативного екологічного впливу підприємств автосервісу.....	85
4.2. Організаційні заходи забезпечення екологічної безпеки діяльності СТО.....	88
4.3. Інноваційні підходи до мінімізації екологічного впливу автосервісу.....	92
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СТРАТЕГІЙ.....	98
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ АВТОРЕМОНТНИХ РОБІТ.....	104
6.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину при роботі на підприємстві з автосервісу.....	106
6.2. Розрахунок захисного заземлення автопідйомника.....	110
6.3. Заходи щодо техніки безпеки.....	112
ВИСНОВКИ.....	116
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промисловості та сфери послуг характеризується зростанням антропогенного навантаження на довкілля, що зумовлює необхідність посилення вимог до екологічної безпеки виробничої діяльності. Однією з галузей, що має значний потенціал негативного впливу на навколишнє природне середовище, є сфера авторемонтних технологій. Підприємства автосервісу в процесі своєї діяльності здійснюють фарбувальні, зварювальні, діагностичні та інші технологічні операції, які супроводжуються викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря, утворенням небезпечних відходів, забрудненням водних ресурсів і ґрунтів, а також підвищеним рівнем шуму.

Актуальність теми магістерської роботи зумовлена необхідністю комплексної оцінки екологічної безпеки авторемонтних технологій в умовах посилення екологічного законодавства, імплементації європейських стандартів та переходу до принципів сталого розвитку. Недостатній рівень екологічного менеджменту на багатьох підприємствах автосервісу, обмежене застосування сучасних методів моніторингу та оцінки екологічних ризиків, а також низький рівень впровадження екологічно безпечних технологічних рішень зумовлюють потребу в науково обґрунтованих підходах до мінімізації негативного впливу цієї галузі на довкілля.

Метою магістерської роботи є оцінка екологічної безпеки технологій авторемонту та розробка ефективних стратегій мінімізації їхнього негативного впливу на навколишнє природне середовище з урахуванням сучасних методів екологічного аналізу, вимог нормативно-правової бази та принципів екологічного менеджменту.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких основних завдань:

- проаналізувати теоретичні засади та критерії екологічної безпеки у сфері авторемонтних технологій;

- охарактеризувати основні технологічні процеси автосервісу та визначити джерела їхнього негативного впливу на довкілля;
- здійснити аналіз екологічних ризиків, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів;
- дослідити токсичність і небезпеку матеріалів та реагентів, що використовуються в авторемонті;
- розглянути сучасні методи та інструменти оцінки екологічної безпеки, зокрема екологічний моніторинг, біотестування та системи екологічного менеджменту;
- розробити технологічні, організаційні та інноваційні стратегії мінімізації негативного впливу авторемонтних підприємств на довкілля;
- оцінити економічну ефективність запропонованих стратегій.

Об'єктом дослідження є процеси та технології авторемонту як джерело антропогенного впливу на навколишнє природне середовище. Предметом дослідження є екологічна безпека авторемонтних технологій та методи оцінки і мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля. Методологічною основою дослідження є системний підхід, методи аналізу і синтезу, порівняльного та статистичного аналізу, оцінки екологічних ризиків, а також нормативно-правовий аналіз у сфері охорони довкілля.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до оцінки екологічної безпеки авторемонтних технологій з урахуванням поєднання екологічних, технологічних та економічних чинників, а також у розробці практичних рекомендацій щодо впровадження екологічно безпечних і ресурсоефективних рішень у діяльність підприємств автосервісу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх використання на підприємствах авторемонтної галузі для підвищення рівня екологічної безпеки, зменшення негативного впливу на довкілля, удосконалення систем екологічного менеджменту та обґрунтування управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В АВТОРЕМОНТНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

1.1. Поняття та критерії екологічної безпеки

Екологічна безпека у сучасному розумінні визначається як стан захищеності життєво важливих екологічних інтересів особи, суспільства та держави від ризиків, зумовлених антропогенним впливом на навколишнє природне середовище, а також від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. У сфері авторемонтного виробництва це поняття набуває специфічного змісту, оскільки підприємства станцій технічного обслуговування (СТО) та кузовного ремонту належать до об'єктів підвищеної екологічної небезпеки через багатофакторний характер забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів і ґрунтів, а також інтенсивне використання речовин I–III класів небезпеки.

Згідно зі ст. 50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» (в редакції від 17.02.2022 № 2321-IX) [16], екологічна безпека трактується як сукупність станів, процесів і дій, що забезпечують екологічну рівновагу в навколишньому середовищі та не спричиняють небезпечних для здоров'я людини змін або загрози таких змін. У контексті авторемонтних технологій це положення конкретизується через систему обов'язкових критеріїв, що відображають як національні, так і міжнародні підходи до екологічного регулювання.

Основні критерії екологічної безпеки в галузі авторемонту

1. **Дотримання гранично допустимих нормативів впливу.** Суть полягає в тому, щоб фактичні параметри впливу на довкілля не перевищували встановлених державою та міжнародними стандартами граничних значень. Зокрема, концентрація забруднюючих речовин у організованих і неорганізованих викидах в атмосферне повітря (леткі органічні сполуки, тверді частки, оксиди азоту, зварювальний аерозоль тощо) повинна

залишатися нижчою за значення гранично допустимих викидів (ГДВ), розраховані для конкретного джерела. Аналогічно скидання стічних вод після мийки автомобілів, обезжирення деталей чи роботи фарбувальних камер має відповідати гранично допустимим концентраціям (ГДК) за показниками нафтопродуктів, важких металів, завислих речовин і поверхнево-активних речовин.

Не менш важливим є контроль фізичних факторів: рівень шуму на межі санітарно-захисної зони та на робочих місцях не повинен перевищувати санітарні норми (ДСП 173-96, ДСН 3.3.6.039-99), вібрація — відповідати ГОСТ 12.1.012-2004, а електромагнітне випромінювання від індукційного обладнання та зварювальних апаратів — залишатися в межах безпечних значень.

Таким чином, цей критерій виступає своєрідною «червоною лінією»: його порушення автоматично переводить підприємство в розряд екологічно небезпечних об'єктів, тягне за собою адміністративну та, за певних умов, кримінальну відповідальність, а головне — створює реальну загрозу здоров'ю працівників і мешканців прилеглих територій.

2. **Принцип мінімізації утворення відходів і ресурсоемності.** В основі лежить концепція «запобігання забрудненню на джерелі» (**pollution prevention**), яка вперше була сформульована Агентством з охорони довкілля США (EPA) у 1980-х роках і згодом інтегрована в європейське та українське законодавство (зокрема, у Рамкову директиву 2008/98/ЄС про відходи та Закон України «Про управління відходами») [17].

Сутність цього принципу полягає в тому, щоб ще на стадії проєктування й організації технологічного процесу усунути або максимально знизити ймовірність утворення відходів і надмірного споживання ресурсів, а не боротися з уже виниклими наслідками. У контексті авторемонтного виробництва це означає свідомий вибір технологій і управлінських рішень, які дозволяють:

- скорочувати обсяги небезпечних відходів (відпрацьовані масла, шлам очисних споруд, забруднене ганчір'я, залишки ЛФМ);
- раціоналізувати використання сировини, води, електроенергії та стисненого повітря;
- впроваджувати елементи замкненого ресурсного циклу (регенерація, повторне використання, рекуперація).

Практична реалізація принципу охоплює широкий спектр заходів: від точного дозування лакофарбових матеріалів і переходу на системи з високим сухим залишком до встановлення замкнених мийних установок із біологічною регенерацією розчину, від рекуперації тепла у фарбувальних камерах до внутрішньої перегонки відпрацьованих розчинників. Кожен із таких заходів не лише зменшує екологічне навантаження, а й одночасно знижує собівартість послуг за рахунок економії матеріалів і зменшення платежів за негативний вплив на довкілля.

Дослідження, проведені в країнах ЄС у рамках програми Best Available Techniques (BAT) для сектору обслуговування та ремонту автотранспорту, свідчать, що системне впровадження підходу pollution prevention дає змогу скоротити утворення небезпечних відходів на 40–70 %, а споживання матеріально-сировинних і енергетичних ресурсів — на 20–35 % без погіршення якості ремонтних робіт. Таким чином, принцип мінімізації виявляється не лише екологічно, а й економічно обґрунтованим, перетворюючи вимоги природоохоронного законодавства на реальний конкурентний важіль сучасного автосервісного підприємства.

3. **Застосування найкращих доступних технологій (Best Available Techniques, BAT)** становить один із ключових і найбільш прогресивних критеріїв сучасної екологічної безпеки, який фактично є серцем європейського підходу до промислового природокористування.

Суть цього принципу полягає в обов'язковому використанні тих технічних і технологічних рішень, які на момент впровадження забезпечують найвищий рівень захисту довкілля за умови їхньої економічної доступності

для галузі. Поняття BAT вперше було юридично закріплено в Директиві ЄС 2010/75/ЄС про промислові викиди (IED). і згодом частково імплементовано в українське законодавство через Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо впровадження інтегрованих підходів в управлінні водними ресурсами та забезпечення впровадження найкращих доступних технологій» (№ 2321-IX від 17.02.2022) та відповідні національні довідники НДТ.

Для сектору обслуговування та ремонту автотранспорту європейський довідник BAT «Surface treatment using organic solvents including preservation of wood and wood products with chemicals» (STS BREF, 2019) та український проєкт довідника НДТ «Оброблення поверхонь з використанням органічних розчинників» (2023–2024) визначають конкретні технології, які вважаються «найкращими доступними»:

- фарбувальні камери з високоефективними системами фільтрації (сухі фільтри + водяна завіса або вугільна адсорбція) і рекуперацією тепла;
- використання водорозчинних і високосухих (High-Solids) лакофарбових систем з вмістом ЛОС ≤ 420 г/л (для більшості операцій — ≤ 250 г/л);
- замкнені автоматизовані мийки деталей з біологічною або мембранною регенерацією розчину;
- локальні очисні споруди стічних вод з коагуляцією/флотацією та подальшим біологічним очищенням;
- системи автоматичного дозування та змішування фарб, що зменшують відходи ЛФМ на 30–50 %;
- установки перегонки відпрацьованих розчинників на місці експлуатації;
- сучасні зварювальні апарати з імпульсним режимом і локальною витяжкою, що знижують утворення зварювального аерозолю.

Важливо, що BAT не є статичним набором — кожні 4–8 років довідники переглядаються, і те, що вчора вважалося «найкращим», завтра може стати лише мінімально допустимим рівнем.

В Україні перехід на ВАТ є обов'язковим для великих СТО та кузовних цехів, що підпадають під дію інтегрованого дозволу (з 2025–2027 рр.), а для середніх і малих підприємств — рекомендується як шлях до зменшення екологічних платежів і підвищення конкурентоспроможності. Досвід країн, які вже пройшли цей шлях (Німеччина, Нідерланди, Швеція), показує, що інвестиції в ВАТ окупаються за 3–7 років за рахунок економії матеріалів, зниження штрафів і платежів за викиди та зростання довіри клієнтів, які дедалі частіше обирають «зелені» сервіси.

Таким чином, застосування найкращих доступних технологій перетворює екологічні вимоги на реальний інструмент модернізації та сталого розвитку авторемонтного підприємства.

4. **Оцінка впливу за життєвим циклом продукту (Life Cycle Assessment, LCA)** є одним із найбільш інноваційних і системних критеріїв сучасної екологічної безпеки, що дозволяє перейти від локального аналізу окремих викидів до комплексної оцінки всього ланцюга екологічних наслідків діяльності авторемонтного підприємства.

Методологія оцінки життєвого циклу (LCA) базується на міжнародних стандартах ISO 14040:2006 та ISO 14044:2006 і передбачає облік екологічного навантаження на всіх етапах існування продукту чи послуги — від видобутку сировини (cradle) до кінцевої утилізації чи переробки (grave). У контексті авторемонтних технологій це означає, що оцінюються не лише прямі викиди та відходи на СТО, а й «приховані» екологічні витрати:

- енерговитрати та викиди при видобутку нафти й виробництві органічних розчинників та смол для лакофарбових матеріалів;
- забруднення при виробництві пігментів, що містять важкі метали (хром, свинець, кадмій);
- логістичні викиди при транспортуванні матеріалів і запасних частин;
- вплив заміни деталей (новий бампер чи крило може мати значно більший вуглецевий слід, ніж ремонт і фарбування старого);

- кінцева доля відпрацьованого автомобіля — утилізація, повторне використання чи захоронення.

Практичні дослідження показують, що навіть екологічно «чисті» технології на етапі експлуатації можуть мати значний прихований екологічний слід. Наприклад, перехід на водорозчинні фарби суттєво знижує прямі викиди ЛОС на СТО, але якщо сировина для таких фарб виробляється з вищим енергоспоживанням або включає імпортовані компоненти — загальний ефект за життєвим циклом може бути менш вираженим. Натомість регенерація відпрацьованих розчинників на місці експлуатації дозволяє скоротити вуглецевий слід на 80–95 % порівняно з використанням нових.

В Україні вимоги до врахування життєвого циклу вже частково імплементовані в Технічному регламенті щодо вимог до кінця експлуатаційного циклу транспортних засобів (Постанова КМУ від 15.09.2021 № 1024) та в проєктах нормативних актів щодо розширеної відповідальності виробника. У Європейському Союзі оцінка LCA є обов'язковою складовою екодизайну, отримання екологічних сертифікатів та видачі інтегрованих дозволів для великих об'єктів.

Застосування методології LCA дозволяє авторемонтним підприємствам не лише виконувати нормативні вимоги, а й свідомо обирати матеріали, постачальників і технології, які забезпечують реальне зниження загального екологічного навантаження, сприяючи переходу галузі до принципів циркулярної економіки та сталого розвитку.

5. **Системний екологічний менеджмент** є тим критерієм, який виводить екологічну безпеку з рівня разових заходів у площину постійного, керованого і вдосконалюваного процесу. Він фактично виступає організаційною основою для реалізації всіх інших критеріїв — BAT, LCA, мінімізації відходів — і забезпечує їхню стійку інтеграцію в повсякденну діяльність авторемонтного підприємства.

Сутність цього підходу полягає у створенні та підтримці формалізованої системи екологічного менеджменту (СЕМ), побудованої відповідно до вимог

міжнародного стандарту ISO 14001:2015 або європейської схеми EMAS (Регламент (ЄС) № 1221/2009 зі змінами 2017 та 2018 рр.). В Україні такі системи добровільні для більшості СТО, проте вже зараз є обов'язковими для підприємств, що отримують інтегрований екологічний дозвіл, а також дедалі частіше стають умовою співпраці з великими автовиробниками та лізинговими компаніями.

Основні складові такої системи:

- розробка та затвердження керівництвом екологічної політики підприємства;
- ідентифікація та регулярна оцінка значущих екологічних аспектів (прямих і непрямих) — від викидів ЛОС і утворення небезпечних відходів до споживання електроенергії та води;
- встановлення вимірюваних екологічних цілей і розробка цільових програм їх досягнення;
- створення процедур моніторингу та вимірювання ключових показників (витрати фарби на 1 м², обсяг регенованого розчинника, рівень викидів ЛОС, кількість відходів на один нормо-годину тощо);
- проведення регулярних внутрішніх екологічних аудитів і аналізу з боку керівництва;
- впровадження механізмів коригувальних і запобіжних дій та постійного вдосконалення.

Практичний досвід підприємств, що сертифікували СЕМ за ISO 14001:2015, свідчить про зниження обсягів небезпечних відходів на 25–40 %, скорочення споживання лакофарбових матеріалів на 15–30 % та зменшення кількості порушень природоохоронного законодавства практично до нуля. Крім того, наявність сертифікованої системи суттєво спрощує проходження перевірок державних органів і часто дає право на зниження ставки екологічного податку [44].

6. **Забезпечення безпеки для здоров'я працівників і населення є невід'ємним і пріоритетним критерієм екологічної безпеки, оскільки будь-**

який негативний вплив на довкілля в кінцевому підсумку повертається до людини у вигляді професійних захворювань, хронічних патологій або погіршення якості життя мешканців прилеглих територій.

У сфері авторемонтних технологій цей критерій реалізується через мінімізацію професійних і популяційних ризиків, пов'язаних із дією канцерогенних, нейротоксичних, мутагенних та сенсibiliзуючих речовин. До найбільш небезпечних належать:

- сполуки шестивалентного хрому Cr(VI) у хромовмісних ґрунтах і деяких пігментах (канцероген I групи за класифікацією МАІР);
- марганець і свинець у зварювальному аерозолі (нейротоксична дія, хвороба Паркінсона, когнітивні порушення);
- ізоціанати в поліуретанових лаках і клеях (астма, гіперреактивність дихальних шляхів);
- леткі органічні сполуки (бензол, толуол, стирол) та важкі метали в пилі й стічних водах.

Для досягнення цього критерію необхідний комплексний підхід:

- технічний захист на джерелі — локальна витяжна вентиляція, витяжні рукави при зварюванні, бортові відсмоктувачі та системи «push-pull» у фарбувальних камер;
- використання індивідуальних засобів захисту (респіратори з фільтрами А2Р3, рукавички нітрилові/ламінатні, захисні костюми типу 4–6);
- заміна найбільш небезпечних речовин на менш токсичні аналоги (ґрунти без Cr(VI), фарби без ароматичних розчинників, зварювальні дроти з низьким вмістом марганцю);
- створення та дотримання санітарно-захисних зон відповідно до ДБН В.2.2-45:2021 та СанПіН 2.2.1/2.1.1.1200-03;
- регулярний медичний огляд працівників (особливо зварювальників, малярів) із контролем біомаркерів (хром у сечі, марганець у крові);

- навчання персоналу та контроль дотримання технологічної дисципліни.

Вимоги до захисту здоров'я закріплені в Законі України «Про охорону праці» № 2694-XII, НПАОП 0.00-1.80-18, а також у європейських Директивах 2004/37/ЄС про канцерогени та мутагени на робочому місці та 98/24/ЄС про хімічні агенти, які поступово імплементуються в національне законодавство.

Дослідження EU-OSHA свідчать, що комплексне виконання цього критерію знижує рівень професійної захворюваності серед працівників автосервісу на 60–85 % і практично виключає хронічні отруєння важкими металами та органічними розчинниками.

Забезпечення безпеки здоров'я не лише виконує гуманітарну функцію, а й має виражений економічний ефект: зменшує витрати на лікування, компенсації та штрафи, підвищує продуктивність праці та формує позитивний імідж підприємства.

7. Інтеграція принципів сталого розвитку та циркулярної економіки (сприяння повторному використанню та регенерації матеріалів, реалізація розширеної відповідальності виробника та зниження карбонового й загального екологічного сліду підприємства)

Інтеграція принципів сталого розвитку та циркулярної економіки є перспективним критерієм екологічної безпеки, який переводить діяльність авторемонтного підприємства з лінійної моделі «видобути → використати → викинути» на циркулярну модель «відновлювати → повторно використовувати → регенерувати».

Цей підхід ґрунтується на положеннях Європейського зеленого курсу (European Green Deal, 2019), Циркулярної економіки (Circular Economy Action Plan, 2020) та національної Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року (розпорядження КМУ від 12.07.2022 № 797-р). У практичній діяльності СТО він реалізується через:

- максимальне продовження життєвого циклу матеріалів і компонентів: регенерація відпрацьованих розчинників (до 90–95 %

повторного використання), регенерація моторних і трансмісійних масел, відновлення антифризу та гальмівної рідини;

- повернення цінних ресурсів у виробничий цикл: здача відпрацьованих каталітичних нейтралізаторів і сажових фільтрів на аффінаж платини, паладію та родію, переробка акумуляторів із вилученням свинцю та пластику;

- пріоритет ремонту та ремануфактурінгу замість заміни деталей (відновлення бамперів, оптики, електронних блоків, сидінь);

- використання матеріалів із високим вмістом вторинної сировини (рециклінгові пластики, ремануфактурні запчастини);

- реалізацію розширеної відповідальності виробника (Extended Producer Responsibility, EPR): співпраця з системами колективного виконання EPR для відпрацьованих масел, акумуляторів, шин і відпрацьованих транспортних засобів відповідно до Закону України «Про управління відходами» (2022) [17] та майбутнього Технічного регламенту EPR;

- цілеспрямоване зниження карбонового та загального екологічного сліду підприємства шляхом обліку викидів парникових газів (Score 1, 2 і частково 3) та поступового переходу на відновлювані джерела енергії (сонячні панелі, теплові насоси).

Дослідження Європейської комісії показують, що автосервіси, які системно впроваджують принципи циркулярної економіки, скорочують споживання первинної сировини на 35–60 %, знижують обсяги відходів, що направляються на полігони, до 80 %, і зменшують викиди CO₂-eq на 25–45 % протягом 5–7 років.

Інтеграція принципів сталого розвитку та циркулярної економіки не лише забезпечує відповідність найсуворішим майбутнім вимогам законодавства України та ЄС, а й створює нові джерела доходу (продаж регенерованих рідин, ремануфактурних деталей, дорогоцінних металів) і формує конкурентну

перевагу у вигляді іміджу «зеленого» автосервісу, що дедалі більше цінується сучасними клієнтами.

8. Прозорість і соціальна відповідальність є завершальним критерієм екологічної безпеки, який виводить підприємство за межі суто внутрішніх процесів і робить його діяльність відкритою та зрозумілою для суспільства, клієнтів, партнерів і державних органів.

Цей критерій передбачає добровільне, але системне інформування всіх зацікавлених сторін про реальний екологічний вплив СТО та заходи щодо його зменшення. У практичному вимірі це означає:

- щорічне ведення та публікацію екологічної звітності (у довільній формі або за міжнародними стандартами GRI Standards, Sustainability Reporting Guidelines);
- відкритість ключових показників: обсяги викидів ЛОС, споживання води й електроенергії, кількість регенерованих матеріалів, обсяги небезпечних відходів, переданих на утилізацію;
- участь у добровільних екологічних ініціативах та сертифікаціях («Зелений гараж», «Еко-СТО», EcoVadis, «Зелений ключ» для автосервісів у деяких країнах ЄС);
- публічне декларування екологічної політики та цілей на сайті підприємства, у соціальних мережах, на інформаційних стендах у зоні очікування клієнтів;
- взаємодію з місцевою громадою: дні відкритих дверей, екологічні акції, роз'яснення клієнтам переваг «зеленого» ремонту (використання регенерованих рідин, ремануфактурних деталей);
- формування іміджу підприємства, орієнтованого на сталий розвиток, через брендинг, сертифікати, відгуки та кейси «до/після» впровадження екотехнологій.

Дослідження показують, що автосервіси з відкритою екологічною звітністю та чітко сформульованою «зеленою» позицією отримують у середньому на 12–18 % більше лояльних клієнтів і на 20–30 % легше

залучають кваліфікованих працівників молодшого покоління, для яких екологічна відповідальність є важливим критерієм вибору роботодавця.

В Україні прозорість поступово стає обов'язковою для великих підприємств (з 2025–2026 рр. у рамках інтегрованого дозволу та Закону «Про управління відходами»), але вже зараз добровільна звітність дає відчутну конкурентну перевагу, особливо в сегменті преміум-автосервісу та корпоративних клієнтів (лізингові компанії, таксопарки, автодилери).

Прозорість і соціальна відповідальність перетворюють екологічну безпеку з внутрішнього технічного питання на потужний інструмент репутаційного капіталу та довгострокового розвитку бізнесу.

Європейське законодавство (Директива 2004/42/ЄС, Директива 1999/13/ЄС, Регламент (ЄС) № 1907/2006 (REACH), Регламент (ЄС) № 1272/2008 (CLP), Директива 2000/53/ЄС, Директива 2008/98/ЄС) та міжнародні стандарти суттєво розширюють і поглиблюють перелічені критерії, переводячи регулювання галузі від реактивної моделі (контроль і покарання) до проактивної, заснованої на постійному вдосконаленні та запобіганні [43].

Таким чином, екологічна безпека в авторемонтних технологіях є комплексним, багатокомпонентним поняттям, що інтегрує правові, технологічні, організаційно-управлінські, економічні та соціально-етичні компоненти. Її досягнення можливе лише за умови системного виконання всіх вищенаведених критеріїв, що забезпечує відповідність підприємства не лише чинному національному законодавству, а й найкращим європейським і світовим практикам у сфері сталого розвитку.

1.2. Основні технологічні процеси в авторемонті

Сучасне авторемонтне підприємство є складним технологічним комплексом, де одночасно виконується низка операцій, пов'язаних із ремонтом, обслуговуванням та відновленням транспортних засобів. З погляду екологічної безпеки найбільш значущими є чотири ключові процеси: кузовне

фарбування та підготовка поверхні, зварювальні роботи, діагностика та регулювання систем автомобіля, а також поводження з відходами виробництва й експлуатації. Кожен із цих процесів не лише забезпечує функціональність автомобіля, але й генерує потенційні екологічні ризики, пов'язані з викидами забруднюючих речовин, утворенням відходів та енергоспоживанням. Водночас, сучасні технології дозволяють суттєво мінімізувати негативний вплив, сприяючи переходу до принципів сталого розвитку. Нижче розглянуто кожен процес детально, з акцентом на ризики, нормативне регулювання та інноваційні рішення.

Кузовне фарбування та підготовка поверхні є одним із найбільш екологічно навантажених етапів авторемонту, оскільки включає механічну обробку поверхні (шліфування, піскоструйну обробку, обезжирення) та нанесення багат шарової лакофарбової покриття (ґрунт, базова емаль, лак). Під час підготовки утворюється абразивний пил і пил від старого покриття, а нанесення фарби супроводжується викидами летких органічних сполук (ЛОС), таких як толуол, ксилол та бутилацетат, які є основним джерелом атмосферного забруднення. За даними досліджень, традиційні розчинникові системи фарбування можуть генерувати до 420–850 г ЛОС на 1 літр готового матеріалу, що призводить до утворення фотохімічного смогу та внеску в глобальне потепління. Крім того, стічні води від мийки та обезжирення містять поверхнево-активні речовини (ПАР) та важкі метали, а відходи (залишки фарби, забруднене ганчір'я) належать до небезпечних (I–III класи). Екологічні ризики посилюються енергоємністю сушіння (до 20–30 кВт·год/м²), що збільшує викиди CO₂ від спалювання палива [22].

Сучасні технології дозволяють суттєво знизити ці ризики. Перехід на водорозчинні (waterborne) та високосухі (High-Solids) фарбові системи зменшує емісію ЛОС до 35–140 г/л, а електростатичне нанесення (ESTA) та пневматичні системи HVLP (High Volume Low Pressure) скорочують втрати фарби на 30–50 %. Фарбувальні камери з рекуперацією тепла (до 60 % енергозбереження) та сухими/водяними фільтрами (ефективність 99 % для

часток >1 мкм) мінімізують викиди в атмосферу. У Європі принцип «найкращих доступних технологій» (BAT) за Директивою 2010/75/ЄС зобов'язує використовувати регенеративну термічну окислення (RTO) для уловлювання ЛОС, що дозволяє не лише очищати гази на 95–99 %, але й генерувати енергію для власних потреб. В Україні впровадження таких технологій сприяє виконанню Директиви 2004/42/ЄС про обмеження ЛОС у фарбах, що вже частково імплементовано в національні стандарти ДСТУ EN 1069-1:2019.

Зварювальні роботи охоплюють дугове (MIG/MAG, TIG), плазмове, лазерне та контактне зварювання кузовних елементів, що є невід'ємною частиною ремонтних операцій. Основні екологічні ризики пов'язані з утворенням зварювального аерозолі — дрібнодисперсного пилу оксидів металів (залізо, марганець, хром, нікель), а також газів (озон, оксиди азоту NO_x , вуглекислий газ CO_2 , монооксид вуглецю CO). Зварювання оцинкованих або алюмінієвих поверхонь додає пари цинку та фториду, які є нейротоксичними та канцерогенними. Хронічний вплив призводить до професійних захворювань (металева лихоманка, бронхіт, рак легень), а викиди в атмосферу сприяють кислотним дощам. За оцінками OSHA, щорічно в галузі фіксується до 500 тис. випадків гострого подразнення дихальних шляхів від зварювальних газів [51].

Для мінімізації ризиків застосовуються імпульсні зварювальні апарати з пониженим тепловим внеском, що зменшують виділення аерозолі на 40–60 %, та дроти з низьким вмістом марганцю. Локальні системи витяжки (витяжні рукави, столи з нижнім відсмоктуванням) з HEPA-фільтрами уловлюють до 99 % часток, а системи «push-pull» (подача чистого повітря + витяжка) забезпечують зональну вентиляцію. У ЄС Директива 2004/37/ЄС про канцерогени на робочих місцях вимагає моніторингу концентрацій нижче ГДК (наприклад, $0,05 \text{ мг/м}^3$ для Cr(VI)), а в Україні — відповідність НПАОП 0.00-1.80-18. Додатково, передзварювальна обробка (видалення покриттів хімічними реагентами або лазером) виключає утворення токсичного пилу.

Діагностика та регулювання систем автомобіля включає комп'ютерну перевірку електронних блоків керування (ECU), стендові випробування двигунів на роliках, вимірювання токсичності вихлопних газів та промивання систем (паливної, охолодження, кондиціювання). Екологічні ризики виникають під час стендових тестів, коли викидаються CO, вуглеводні (CH), NOx та сажа (PM), особливо для дизельних і гібридних авто — до 1–5 г/км NOx у неконтрольованих умовах. Промивання систем агресивними розчинниками (наприклад, на основі бензолу) призводить до забруднення стічних вод нафтопродуктами (до 500 мг/л) та органічними сполуками. Довгостроково це сприяє евтрофікації водних об'єктів і накопиченню токсинів у ґрунтах [57].

Сучасні технології базуються на системах onboard diagnostics (OBD-II/EOBD), які моніторять у реальному часі параметри (температура, тиск, лямбда-зонди) без фізичних викидів, дозволяючи виявляти несправності на етапі 10–20 % деградації системи. Стенди з рециркуляцією вихлопу (з каталітичними нейтралізаторами) та замкнені промивні установки з біорегенерацією розчину скорочують викиди на 90 %. У США та ЄС (EPA, WLTP-протокол) OBD є обов'язковим для I/M-програм (inspection/maintenance), а в Україні — за Технічним регламентом 2018 № 154 щодо діагностики. Інтеграція AI в діагностику (наприклад, прогнозування на основі даних RDE — Real Driving Emissions) зменшує кількість тестів на 30–50 %.

Поводження з відходами виробництва та експлуатації автомобілів охоплює збір, тимчасове зберігання та передачу на утилізацію відходів, утворених під час ремонту (масла, фільтри, акумулятори) та експлуатації (шини, антифриз). Це найбільш критичний процес, оскільки середнє СТО генерує 2–8 тон небезпечних відходів щорічно: відпрацьовані масла (3–4 клас небезпеки, до 1 т/рік), свинцево-кислотні акумулятори (2 клас, з вмістом Pb 30–40 %), масляні/паливні фільтри (з нафтопродуктами та важкими металами), гальмівні колодки (з міддю, сурмою), каталітичні нейтралізатори (з Pt, Pd, Rh)

та антифриз (токсичний етиленгліколь) [34]. Ризики включають забруднення ґрунтів і вод (просочування мастил — до 10–20 л/місяць) та атмосферу (випаровування ЛОС від шин). Неправильне поводження призводить до тривалого накопичення токсинів, як у випадку з акумуляторами (Pb-забруднення до 100 мг/кг у ґрунті).

Регулювання здійснюється Законом України «Про управління відходами» (2022 № 2320-IX), що імплементує Директиву ЄС 2008/98/ЄС (Waste Framework Directive), з вимогами до класифікації (Національний перелік відходів), обліку та передачі ліцензованим операторам. Сучасні практики: внутрішня регенерація мастил (до 80 % повернення) та розчинників (дистиляція), біоочищення антифризу, аффінаж каталізаторів (відновлення 95 % дорогоцінних металів). Системи розширеної відповідальності виробника (EPR) для акумуляторів і шин (Постанова КМУ № 1024/2021) забезпечують безкоштовну утилізацію. У ЄС Директива 2000/53/ЄС вимагає 95 % переробки ELV (end-of-life vehicles), що стимулює СТО до сегрегації відходів.

Ключові технологічні процеси авторемонту формують значний екологічний слід, але їх оптимізація за допомогою інноваційних матеріалів, обладнання та систем менеджменту дозволяє не лише відповідати нормам (ГДВ, ГДК, ВАТ), але й досягти ресурсоефективності: скорочення викидів на 50–80 %, відходів на 40–70 % та витрат на 20–30 %. Це створює основу для сталого розвитку галузі в умовах європейської інтеграції України [25].

1.3. Нормативно-правова база екологічної безпеки у сфері автосервісу

Нормативно-правове регулювання екологічної безпеки в галузі технічного обслуговування та ремонту автомобілів в Україні перебуває в стадії активної трансформації, зумовленої зобов'язаннями за Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом (2014 р.). Станом на 2025 рік система складається з п'яти основних рівнів [1, 3]: міжнародні зобов'язання України, національні закони загального характеру, спеціалізовані підзаконні акти,

галузеві стандарти та технічні регламенти, а також місцеві правила санітарно-захисних зон і благоустрою.

1.3.1 Міжнародні зобов'язання України та європейські екологічні директиви, що підлягають імплементації в діяльність підприємств автосервісу

Виконуючи положення Угоди про асоціацію між Україною, з одного боку, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншого боку (Закон України від 16.09.2014 № 1678-VII), Україна взяла на себе чіткі зобов'язання щодо гармонізації національного законодавства у сфері охорони довкілля з правом ЄС. Конкретний перелік і терміни впровадження 19 ключових директив та регламентів ЄС визначено у Додатку XXX до Угоди (Розділ VI «Довкілля»). Більшість з них Україна має імплементувати протягом 2024–2030 років.

Для підприємств, що здійснюють технічне обслуговування та ремонт автомобілів (автосервісів, СТО), найбільш суттєвими є такі акти європейського законодавства:

1. Стандарт ISO 14001:2015 "Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування". Він встановлює рамкові вимоги до системи управління, яка допомагає підприємству ідентифікувати, контролювати та мінімізувати свій вплив на довкілля. Для СТО це означає систематичний контроль за поведінням з відходами, моніторинг використання ресурсів (вода, енергія, хімікати) та планування заходів з запобігання забрудненню [38].
2. Директива 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення) – запроваджує систему інтегрованих екологічних дозволів та обов'язкове застосування найкращих доступних технологій (НДТ/ВАТ) [43];
3. Директива 2004/42/ЄС від 21 квітня 2004 року про обмеження викидів летких органічних сполук за рахунок обмеження

вмісту ЛОС у деяких фарбах і лаках [43], Цей документ імплементує європейські норми в українське законодавство та зобов'язує СТО використовувати лакофарбову продукцію, що відповідає встановленим граничним значенням вмісту ЛОС. Виконання вимог цієї директиви стимулює перехід підприємств автосервісу на використання водорозчинних акрилових фарб та лаків, що характеризуються значно нижчим рівнем вмісту ЛОС.

4. Директива 1999/13/ЄС від 11 березня 1999 року про обмеження викидів летких органічних сполук внаслідок використання органічних розчинників у певних видах діяльності та установках [43];

5. Регламент (ЄС) № 1907/2006 (REACH) та Регламент (ЄС) № 1272/2008 (CLP) – регулюють реєстрацію, оцінку, авторизацію, обмеження, класифікацію та маркування хімічних речовин [43];

6. Директива 2000/53/ЄС від 18 вересня 2000 року про відпрацьовані транспортні засоби (ELV Directive) [43];

7. Директива 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи (Рамкова директива про відходи) та Директива 2006/66/ЄС від 6 вересня 2006 року про батареї та акумулятори [43].

Станом на початок 2025 року імплементація цих актів в Україні залишається неповною [20]. Найбільш успішно виконано вимоги Директиви 2004/42/ЄС – відповідні норми перенесено до національного стандарту ДСТУ EN 15053:2018 «Фарби та лаки. Обмеження вмісту летких органічних сполук (ЛОС)» [12]. Натомість система інтегрованих екологічних дозволів, довідники найкращих доступних технологій для автосервісної галузі та повноцінне впровадження положень REACH, ELV і директив щодо відходів ще перебувають на стадії розробки та пілотного тестування.

Попри наявність чітких міжнародних зобов'язань, реальний рівень готовності українських автосервісних підприємств до виконання нових екологічних вимог залишається низьким, що створює значні ризики для галузі в найближчі 5–7 років.

1.3.2 Національне законодавство України загальної дії, що регулює екологічну діяльність автосервісних підприємств

Національне законодавство України деталізує вимоги до конкретних екологічних аспектів діяльності СТО, зокрема щодо поводження з відходами, скидання стічних вод та охорони атмосферного повітря, що забезпечує комплексний підхід до екологічної безпеки у сфері автосервісу.

Станції технічного обслуговування виступають значними джерелами утворення небезпечних відходів, серед яких найбільш поширеними є відпрацьовані мастила, використані оливні фільтри та свинцеві акумуляторні батареї. Наявність таких відходів зумовлює необхідність їх належної класифікації, обліку та утилізації відповідно до чинного законодавства України.

Основу правового регулювання екологічних аспектів діяльності підприємств технічної обслуговування та ремонту автомобілів (СТО) становлять закони України загального характеру. Найважливіші з них на початок 2025 року:

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII (в редакції від 17.11.2022 № 2746-IX) [16] – базовий закон екологічного законодавства. Визначає поняття екологічної безпеки, встановлює принципи «забруднювач платить», «запобігання шкоди» та відповідальність за порушення природоохоронного законодавства.

2. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707-XII (нова редакція від 17.11.2022 № 2745-IX) [19] – регулює викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, встановлює вимоги до дозволів на викиди та нормування летких органічних сполук (ЛОС) від фарбувальних робіт і використання. Згідно із законодавством, суб'єкти господарювання, які є джерелами викидів забруднюючих речовин (навіть у випадку малих джерел, таких як фарбувальні камери), зобов'язані отримувати дозвіл на здійснення таких

викидів. Для кожного підприємства встановлюються гранично допустимі викиди (ГДВ), які не можуть бути перевищені.

3. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-IX (набрав чинності 09.07.2023) [17]. Закріплює нову рамкову основу для поводження з усіма видами відходів, визначаючи ієрархію управління ними: запобігання утворенню, повторне використання, утилізація та, як крайній захід, видалення. Закон також передбачає обов'язковість отримання відповідних дозволів, ліцензування діяльності та встановлює відповідальність утворювачів відходів за порушення вимог. Для автосервісів це означає обов'язкове сортування, облік і передачу небезпечних відходів лише ліцензованим організаціям. Додатково, Постанова Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 року № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів» визначає процедуру класифікації відходів за їхніми властивостями та джерелом походження. Для діяльності СТО це має особливе значення, адже дозволяє ідентифікувати небезпечні відходи, які у переліку позначаються спеціальним символом (*), та забезпечує належне ведення первинного обліку. До типових небезпечних відходів, що утворюються на підприємствах автосервісу, належать: 13 01 00 – відпрацьовані мастила, 16 01 07* – оливні фільтри, 16 06 01* – свинцеві акумуляторні батареї.

4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII (зі змінами) [18] – встановлює обов'язковість процедури ОВД для СТО, що обслуговують понад 50 автомобілів на добу або мають фарбувальні камери площею понад 500 м² (додаток II, пункт 19 до Закону). Без висновку ОВД така діяльність вважається незаконною.

5. Водний кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР (редакція станом на 2023 рік) регулює водокористування на станціях технічного обслуговування (СТО), що охоплює процеси миття

транспортних засобів та їх обслуговування. Визначає правові та технічні умови скидання зворотних вод у водні об'єкти та систему централізованого водовідведення.

Відповідно до Водного кодексу України, забороняється скидання стічних вод із вмістом забруднюючих речовин, що перевищує встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК). Допускається лише скидання за наявності нормативів гранично допустимого скидання (ГДС), які встановлюються для конкретного підприємства. Особливо суворо регламентується питання скидання стічних вод, забруднених нафтопродуктами: такі води можуть потрапляти до каналізаційної мережі лише після проходження локального очищення.

Додатково, вимоги до скидання стічних вод визначаються Правилами приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення, які затверджуються місцевими органами водоканалів. У цих правилах встановлюються технологічні нормативи та допустимі концентрації забруднюючих речовин, серед яких нафтопродукти, завислі речовини, поверхнево-активні речовини (ПАР) та важкі метали. Для забезпечення відповідності цим вимогам СТО зобов'язані обладнувати свої виробничі приміщення локальними очисними спорудами, зокрема нафтовловлювачами та піскоуловлювачами, що забезпечують попереднє очищення стічних вод перед їх потраплянням у міську каналізацію [27, 30, 31].

Перелічені закони створюють загальну правову рамку, у межах якої діють підзаконні акти, санітарні норми та технічні регламенти, безпосередньо стосовні діяльності автосервісів.

1.3.3. Підзаконні акти та спеціалізовані нормативні документи, що безпосередньо впливають на діяльність автосервісних підприємств

Окрім законів загальної дії, екологічні вимоги до СТО конкретизуються низкою підзаконних нормативно-правових актів і спеціалізованих норм. Станом на 2025 рік ключовими серед них є:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 13.03.2002 № 302 «Про затвердження Порядку встановлення нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел та видачі дозволів на викиди» (в редакції постанови КМУ від 27.12.2024 № 1488)– встановлює, що дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря є обов’язковим для автосервісів, у яких річний обсяг викидів летких органічних сполук (ЛОС) перевищує 5 тон або загальний обсяг викидів усіх забруднюючих речовин – 10 тон на рік.

2. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 10.02.2023 № 84 «Про затвердження Порядку ведення державного обліку відходів та паспортизації небезпечних відходів», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 28.02.2023 за № 357/39403 – запровадив обов’язкове ведення обліку небезпечних відходів (відпрацьовані оливи, акумулятори, фільтри, гальмівні колодки, ганчір’я з нафтопродуктами тощо) виключно в електронній формі через Єдину екологічну платформу «ЕкоСистема». Без внесення даних до реєстру передача відходів вважається незаконною.

3. Наказ Міністерства охорони здоров’я України від 13.01.2022 № 68 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Гігієнічні регламенти гранично допустимої концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» – містить гранично допустимі концентрації (ГДК) понад 600 хімічних сполук, характерних для діяльності автосервісів (толуол, ксилол, етилбензол, формальдегід, ацетон, марганець та його сполуки, свинець тощо). Ці норми використовуються під час розрахунку розсіювання викидів та обґрунтування санітарно-захисної зони.

4. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.09.2021 № 1024 «Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до кінцевої стадії життєвого циклу транспортних засобів та про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України» – частково імплементує

Директиву 2000/53/ЄС (ELV). Встановлює вимоги до приймання, розбирання, знешкодження та повторного використання відпрацьованих транспортних засобів і їх компонентів, а також обов'язок автосервісів передавати прийняті на утилізацію автомобілі лише ліцензованим пунктам розбирання.

Перелічені підзаконні акти є інструментами практичної реалізації положень законів України та європейських директив, а їх невиконання тягне за собою значні штрафи та ризик зупинення діяльності підприємства.

1.3.4. Галузеві стандарти та будівельні норми, що застосовуються до автосервісних підприємств

Окремі вимоги до проектування, будівництва та експлуатації станцій технічного обслуговування автомобілів (СТО), а також до впровадження систем екологічного управління, встановлено галузевими стандартами та державними будівельними нормами. Станом на 2025 рік найважливішими з них є:

1. ДБН В.2.2-45:2021 «Будинки і споруди станцій технічного обслуговування автомобілів. Проектні норми» (набрав чинності з 01.10.2021) – основний нормативний документ, що регулює розміщення, планування та обладнання СТО. Зокрема, визначає мінімальний розмір санітарно-захисної зони (від 50 м для малих СТО до 100 м для великих станцій з фарбувально-сушильними камерами), вимоги до приточно-витяжної вентиляції, влаштування очисних споруд для стічних вод (нафтопастки, масло-бензо-сепаратори), шумозахисту та пожежної безпеки.

2. ДСТУ ISO 14001:2021 «Системи екологічного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосовування» (ідентичний міжнародному стандарту ISO 14001:2015) – національний стандарт, який встановлює вимоги до створення, впровадження та постійного вдосконалення системи екологічного менеджменту на підприємстві.

Хоча сертифікація за цим стандартом є добровільною, його впровадження рекомендується великим автосервісам і мережам СТО як інструмент зниження екологічних ризиків та підготовки до майбутніх інтегрованих дозволів [10, 23, 24].

3. ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці. Вимоги та настанови щодо застосування» (ідентичний ISO 45001:2018) – визначає вимоги до системи менеджменту безпеки та гігієни праці на СТО. Особливо актуальний через високий рівень виробничого травматизму та професійних захворювань (вдихання парів розчинників, контакт з небезпечними речовинами, шум, вібрація). Сертифікація за цим стандартом також добровільна, але часто вимагається великими корпоративними клієнтами та лізинговими компаніями [11].

Зазначені стандарти та будівельні норми є обов'язковими при новому будівництві та реконструкції СТО, а також використовуються під час перевірок державними органами (Держпродспоживслужба, Держекоінспекція, Держпраці).

1.3.5. Перспективи розвитку нормативно-правової бази в сфері екологічного регулювання автосервісних підприємств (2025–2030 рр.)

У контексті гармонізації українського законодавства з європейськими стандартами, зокрема в рамках Угоди про асоціацію з ЄС, у період 2025–2030 років очікується суттєве вдосконалення нормативної бази, спрямоване на посилення екологічного контролю за діяльністю підприємств автосервісу (СТО). Ці зміни охоплюють впровадження інтегрованих механізмів регулювання, розвиток інструментів найкращих доступних технологій (НДТ), розширення систем розширеної відповідальності виробника (EPR) та посилення моніторингу кліматичних викидів. Основні перспективи наведено нижче.

1. Повноцінне впровадження системи інтегрованих екологічних дозволів – відповідно до Закону України «Про запобігання,

зменшення та контроль промислового забруднення» замість 5–7 окремих дозволів (на викиди, скид стічних вод, управління відходами тощо) СТО, що перевищують встановлені пороги (наприклад, викиди ЛОС понад 5 т/рік), отримуватимуть один комплексний документ. Він базуватиметься на принципах НДТ і видаватиметься через цифрову платформу Міндовкілля з перехідним періодом до 4 років для адаптації.

2. Розробка та затвердження національних довідників найкращих доступних технологій (НДТ) для сектору «Оброблення поверхонь з використанням органічних розчинників» – документ, адаптований з європейського BREF (Best Available Techniques Reference Document), доопрацьовано робочою групою при Міндовкілля за підтримки GIZ. Затвердження очікується до кінця 2026 р., що безпосередньо вплине на фарбувальні та мийні процеси в автосервісах, встановивши граничні рівні викидів ЛОС, вимоги до вентиляції та рекуперації розчинників.

3. Розширення систем розширеної відповідальності виробника (EPR) на лакофарбові матеріали та каталітичні нейтралізатори – у рамках проєкту Міндовкілля на 2025 р. планується включення до переліку EPR-продуктів фарб, лаків і каталізаторів вихлопних систем автомобілів. Це передбачатиме обов’язковий збір, переробку та фінансування утилізації виробниками, що знизить навантаження на СТО щодо поводження з відходами та стимулюватиме використання екологічно чистих матеріалів.

4. Введення обов’язкової звітності про викиди парникових газів (Score 1 – прямі викиди від спалювання палива, та Score 2 – непрямі від електроенергії) для великих СТО – відповідно до Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо відновлення моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів», з 2027 р. підприємства з викидами понад 10 тис. т CO₂-екв./рік (включно з мережами СТО) подаватимуть верифіковані звіти через

Єдину екологічну платформу, що сприятиме переходу до торгівлі квотами на викиди.

Ці перспективи свідчать про перехід до комплексного, орієнтованого на превенцію забруднення регулювання, що вимагатиме від автосервісних підприємств інвестицій у модернізацію технологій та навчання персоналу, але водночас відкриє можливості для конкурентних переваг на ринку ЄС.

Таким чином, нормативно-правова база екологічної безпеки у сфері автосервісу в Україні вже пройшла етап формування базових рамкових законів і переходить до етапу впровадження європейських інструментів превентивного регулювання – інтегрованих дозволів, НДТ, розширеної відповідальності виробника та оцінки за життєвим циклом. Для середнього та малого автосервісу це означає поступове зростання вимог: від простого отримання дозволу на викиди (2020-ті) до обов’язкового впровадження системи екологічного менеджменту та BAT до 2030 року.

Таблиця 1.3. Узагальнення чинної та перспективної нормативно-правової бази екологічної безпеки автосервісних підприємств

№	Нормативний акт / Директива	Основний зміст, що стосується СТО	Статус імплементації / термін введення
Міжнародні зобов’язання ЄС			
1	Угода про асоціацію Україна–ЄС (Додаток XXX)	19 директив і регламентів до впровадження до 2030 р.	Частково (2024–2030)
2	Директива 2010/75/ЄС (IED)	Інтегрований дозвіл + НДТ/BAT	Пілотний етап, повне введення – 2027–2029
3	Директива 2004/42/ЄС (VOC Paints)	Обмеження ЛОС у фарбах і лаках	Впроваджено (ДСТУ EN 15053:2018)
4	Директива 1999/13/ЄС (VOC Solvents)	Обмеження викидів ЛОС від розчинників	Частково (через дозвіл на викиди)
5	Регламенти REACH № 1907/2006 та CLP № 1272/2008	Реєстрація, обмеження та маркування хімічних речовин	Частково (на етапі гармонізації)
6	Директива 2000/53/ЄС (ELV)	Поводження з відпрацьованими ТЗ	Частково (Техрегламент № 1024)
7	Директива 2008/98/ЄС + 2006/66/ЄС	Ієрархія відходів, EPR для акумуляторів і мастил	Впроваджено з 09.07.2023
Національні закони загального характеру			
8	Закон «Про охорону навколишнього	Принцип «забруднювач платить», екологічна безпека	Чинний

	природного середовища» № 1264-ХІІ (ред. 2022)		
9	Закон «Про охорону атмосферного повітря» № 2707-ХІІ (ред. 2022)	Дозволи на викиди, ГДВ	Чинний
10	Закон «Про управління відходами» № 2320-ІХ від 20.06.2022	Ієрархія відходів, ЕРР (оливи, шини, акумулятори, ТЗ)	Чинний з 09.07.2023
11	Закон «Про оцінку впливу на довкілля» № 2059-VIII	Обов’язкова ОВД для СТО >50 авто/добу або камера >500 м²	Чинний
12	Водний кодекс України № 213/95-ВР (ред. 2023)	Нормативи ГДС, локальне очищення стоків	Чинний
Підзаконні акти			
13	Постанова КМУ № 302 від 13.03.2002 (ред. 2024)	Дозвіл на викиди обов’язковий при ЛОС >5 т/рік або заг. >10 т/рік	Чинна
14	Наказ Міндовкілля № 84 від 10.02.2023	Електронний облік та паспортизація небезпечних відходів в «ЕкоСистемі»	Чинний
15	Наказ МОЗ № 68 від 13.01.2022	ГДК >600 речовин (толуол, ксилол, марганець тощо)	Чинний
16	Постанова КМУ № 1024 від 15.09.2021	Технічний регламент кінцевої стадії життєвого циклу ТЗ (ELV)	Чинна
Галузеві стандарти та ДБН			
17	ДБН В.2.2-45:2021	Санітарно-захисна зона 50–100 м, очисні споруди, вентиляція	Обов’язковий при проектуванні та реконструкції
18	ДСТУ ISO 14001:2021	Система екологічного менеджменту	Добровільна (рекомендована)
19	ДСТУ ISO 45001:2019	Система менеджменту охорони праці	Добровільна
Перспективи 2025–2030			
20	Закон «Про запобігання, зменшення та контроль промислового забруднення» (№ 7321)	Один інтегрований екологічний дозвіл замість 5–7 окремих	Набрав чинності 08.08.2025
21	Національний довідник НДТ «Оброблення поверхонь органічними розчинниками»	Граничні значення викидів ЛОС, рекуперація розчинників	Очікується до кінця 2026

22	Розширення EPR	Додаткові категорії: лакофарбові матеріали, каталітичні нейтралізатори	План 2025–2026
23	Закон про моніторинг, звітність та верифікацію парникових газів (№ 12131)	Звітність Score 1 і 2	Обов’язковий для великих СТО та мереж з 2027 р. Набрав чинності січень 2025

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОРЕМОНТУ

2.1. Характеристика основних видів забруднень

Діяльність підприємств та сервісних станцій, що здійснюють авторемонт, супроводжується утворенням значних обсягів техногенних забруднень, які можуть впливати на всі компоненти довкілля — атмосферне повітря, ґрунти та водні ресурси [2, 4, 5]. Особливість автосервісних технологій полягає у використанні широкого спектра хімічних речовин, паливно-мастильних матеріалів, лакофарбових продуктів, розчинників, мийних засобів, а також у формуванні небезпечних відходів, здатних спричиняти довготривалі екологічні ризики. Розглянемо детально основні види забруднень, які представлені на рисунку 2.1.

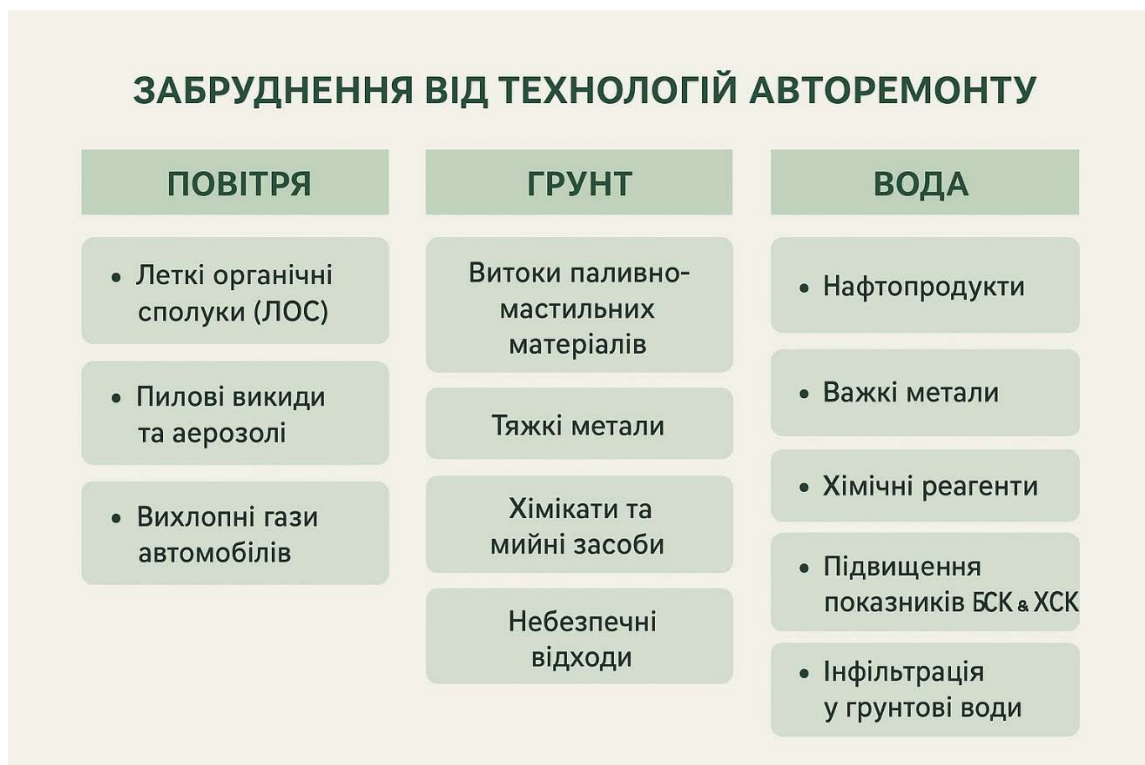


Рисунок 2.1. Основні види забруднення від технологій авторемонту

Автосервісні підприємства впливають на атмосферу як через технологічні процеси, так і через супутні фактори (викиди від автотранспорту,

випаровування ЛОС). Основними джерелами забруднення повітря є леткі органічні сполуки (ЛОС), які утворюються під час фарбування автомобілів, застосування розчинників, сушіння лакофарбових покриттів, знежирення поверхонь [53, 54]. До їхнього складу входять: толуол, ксилол, ацетон, етилбензен, бутанол. ЛОС сприяють утворенню фотохімічного смогу та негативно впливають на здоров'я (канцерогенний та нейротоксичний ефекти).

Інший вид забруднення – це пилові викиди та аерозолі, що формуються під час шліфування кузовних деталей, обробки металевих поверхонь, демонтажу або заміни деталей. Такі забруднювачі містять метали (Fe, Cu, Zn, Pb), мікрочастинки пластику, абразиви. Ці речовини можуть мати високі концентрації важких металів.

Вихлопні гази автомобілів утворюються на території СТО [4, 9], де присутні автомобілі з неідеально працюючими двигунами, що збільшує рівень СО (чадного газу), NO_x (оксидів азоту), SO₂ (діоксиду сірки), бензопірену, твердих частинок (PM_{2.5}, PM₁₀).

Ще один вид забруднення характеризується випаровування паливно-мастильних матеріалів. Пари бензину та дизельного палива — джерело бензолу, толуолу, поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Такі викиди мають канцерогенний і мутагенний потенціал.

Якщо аналізувати забруднення ґрунтів в зоні автосервісів, то можна прийти до висновку, що ґрунт є одним з найбільш вразливих компонентів довкілля, оскільки забруднювальні речовини можуть накопичуватися десятиліттями.

Основними джерела забруднення ґрунту можна вважати витіки паливно-мастильних матеріалів (ПММ). Мастила, оливи, гальмівні рідини, трансмісійні та гідравлічні рідини можуть проникати у ґрунт через аварійні розливи, недоліки обладнання, зливи на відкритому повітрі. Шкідливі компоненти таких рідин є важкі метали (Pb, Zn, Cu), нафтопродукти, поліциклічні ароматичні вуглеводні [52].

Важкі метали надходять до ґрунту через частинки зношених гальмівних колодок (Cu, Sb), шинний пил (Zn), корозію металевих деталей (Fe, Pb), абразивні матеріали.

Ще один від забруднення ґрунтів – це хімікати та мийні засоби, які являють собою продукти хімічного очищення і включають ПАР, кислоти, луги. Неправильне поводження з такими речовинами спричиняє деградацію ґрунту та зниження біологічної активності.

В якості небезпечних відходів на СТО утворюються: відпрацьовані фільтри, акумулятори, використані абсорбенти, уламки з високим вмістом металів. Неправильне зберігання веде до вимивання токсичних компонентів.

Водоносні горизонти та поверхневі води поблизу автосервісів можуть забруднюватися через відсутність належної системи каналізації або аварійні витоки. Основними формами водного забруднення є забруднення нафтопродуктами, які потрапляють у воду при митті автомобілів, витоках ПММ, недоліках систем збору стоків. Нафтопродукти утворюють плівку на поверхні води, погіршуючи газообмін та отруюючи водні екосистеми.

До води можуть потрапляти і важкі метали, такі як свинець, кадмій, хром, цинк, мідь. Джерелами таких забруднювачів є стоки з робочих приміщень, вода після обмивання деталей, фільтрати відходів.

В результаті роботи СТО у стоки також можуть потрапляти хімічні реагенти, розчинники, ПАР, антифризи (етиленгліколь), гальмівні рідини. Такі речовини токсичні, погіршують хімічний склад води та ускладнюють біологічне очищення [58].

Ще одним негативним наслідком роботи СТО є підвищення показників БСК та ХСК. Побутові та технологічні стоки автосервісів містять органічні речовини, що різко збільшують біохімічне споживання кисню (БСК), хімічне споживання кисню (ХСК). Це може призвести до евтрофікації водойм.

Також з діяльністю СТО пов'язана проблема інфільтрації у ґрунтові води. За відсутності герметичних покриттів майданчики автосервісу стають джерелом проникнення токсинів у глибокі водні горизонти.

В таблиці 2.1. представлені зведені результати аналізу впливу діяльності СТО на окремі компоненти природного середовища.

Таблиця 2.1 – Основні види та характеристики забруднень від діяльності автосервісних підприємств

Компонент довкілля	Джерела забруднення	Основні забруднювальні речовини	Екологічні наслідки
Атмосферне повітря	Фарбувальні роботи, використання розчинників, сушіння покриттів	ЛОС: толуол, ксилол, ацетон, етилбензен, бутанол	Утворення фотохімічного смогу; токсичний, канцерогенний вплив
	Шліфування, абразивна обробка, демонтаж деталей	Пил, аерозолі: Fe, Cu, Zn, Pb; мікропластик, абразиви	Накопичення важких металів у довкіллі; небезпека для дихальної системи
	Вихлопи автомобілів на території СТО	CO, NO _x , SO ₂ , бензопірен, PM2.5, PM10	Погіршення якості повітря, ризику для здоров'я, парниковий ефект
	Випаровування паливно-мастильних матеріалів	Бензин, дизельні пари; бензол, толуол, ПАВ	Канцерогенний та мутагенний вплив
Ґрунт	Витоки ПММ, аварійні розливи, недоліки обладнання	Нафтопродукти, ПАВ, оливи, гідравлічні рідини; Pb, Zn, Cu	Забруднення та деградація ґрунтів, довготривала акумуляція токсикантів
	Зношування деталей: гальмівні колодки, шини, корозія металів	Cu, Sb, Zn, Fe, Pb	Накопичення важких металів, зниження біологічної активності ґрунтів
	Використання хімічних мийних засобів	ПАР, кислоти, луги	Порушення структури ґрунту, токсичність для біоти

	Небезпечні відходи СТО (фільтри, акумулятори, абсорбенти)	Токсичні метали, електроліти, фільтрати	Вимивання токсичних речовин у ґрунті та поверхневій воді
Водні ресурси	Миття автомобілів, витоки ПММ, недовідки каналізації	Нафтопродукти	Утворення поверхневої плівки, токсичність для водних організмів
	Стоки після обробки деталей, фільтрати	Важкі метали: Pb, Cd, Cr, Zn, Cu	Отруєння водної фауни, кумуляція в донних відкладеннях
	Потрапляння хімічних реагентів та робочих рідин	Розчинники, ПАР, антифризи (етиленгліколь), гальмівні рідини	Погіршення хімічного складу води, ускладнення очищення стічних вод
	Побутові та технологічні стоки СТО	Органічні речовини (підвищення БСК і ХСК)	Евтрофікація, дефіцит кисню, погіршення якості води
	Інфільтрація через негерметичні покриття	Токсичні органічні та неорганічні сполуки	Забруднення підземних вод, розповсюдження токсикантів у водоносних горизонтах

Автосервісні підприємства є багатоконпонентним джерелом екологічних забруднень, що вимагає системного підходу до оцінки їхнього впливу. Забруднення повітря, ґрунтів і води утворюються як під час основних технологічних процесів (фарбування, ремонт, діагностика), так і внаслідок супутніх операцій (зберігання ПММ, поводження з відходами). Це обґрунтовує необхідність розробки комплексної системи екологічного моніторингу та впровадження природоорієнтованих і технологічних заходів мінімізації негативного впливу.

2.2. Оцінка токсичності та небезпеки матеріалів і реагентів

Оцінка токсичності та небезпеки матеріалів, що застосовуються у сфері авторемонту, є ключовим елементом аналізу екологічних ризиків, оскільки більшість технологічних процесів супроводжується використанням хімічних речовин із підвищеним потенціалом шкідливого впливу на довкілля та здоров'я людини. Значна частина реагентів належить до категорій токсичних, вибухонебезпечних, легкозаймистих або стійких органічних забруднювачів, що зберігають активність у навколишньому середовищі тривалий час.

2.2.1. Основні групи небезпечних речовин, що використовуються в авторемонті

До основних груп небезпечних речовин, що використовуються в авторемонті належать органічні розчинники, до складу яких входять такі хімічні речовини, як толуол, ксилол, ацетон; етанол, ізопропанол; н-бутиловий спирт, гексан; суміші летких органічних сполук (ЛОС) [13, 14]. До небезпечних властивостей перелічених речовин можна віднести їх високу леткість, утворення токсичних парів, участь у фотохімічному смозі, а також забруднення повітря та ризик інтоксикації працівників. Токсикологічний вплив проявляється створенням наркотичної дії, ураженням нервової системи та пошкодження печінки, нирок, репродуктивної системи.

Фарбувальні матеріали та лаки складаються з поліакрилатних, алкідних, поліуретанових та епоксидних смол. Внаслідок потрапляння до навколишнього середовища вони утворюють стійкі покриття, що важко розкладаються та спричиняють викиди ЛОС у повітря при нанесенні та сушінні. Деякі компоненти (ізоціанати) таких речовин діють як сильні сенсibilізатори, здатні спричиняти бронхоспазм, їхні пігменти можуть містити важкі метали (Cr, Pb, Cd).

Головними компонентами антифризів та рідин охолодження є етиленгліколь або пропіленгліколь, інгібітори корозії, барвники. Їхнє потрапляння у ґрунт і воду призводить до забруднення органічними токсикантами. Так, етиленгліколь розкладається із утворенням токсичної

щавлевої кислоти. Вони характеризуються високою токсичністю при потраплянні в організм і є небезпечними для домашніх і диких тварин, яких приваблює солодкий запах цих рідин.

Мастильні матеріали та відпрацьовані оливи включають мінеральні та синтетичні базові оливи, присадки (цинк, фосфати, молібден). Відпрацьовані оливи містять канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні (PAHs) і характеризуються високою стійкістю до розкладання та можливістю тривалого забруднення ґрунтів. Також вони чинять токсикологічний вплив на ендокринну систему викликають деструкцію мембран клітин живих організмів.

Гальмівні рідини та рідини для гідравлічних систем складаються з ефірів гліколів, поліалкілгліколів, інгібіторів. Для них характерна висока розчинність у воді і внаслідок цього швидке поширення забруднення. Вони можуть підвищувати хімічне споживання кисню (ХСК), токсичні при ковтанні та контакті зі шкірою, можуть викликати ураження слизових оболонок [14].

Акумуляторні електроліти та важкі метали, які містять сірчану кислоту, свинець, кадмій можуть стати причиною ацидизації ґрунтів при розливі та викликати забруднення важкими металами з довготривалими екотоксичними наслідками. Свинець відомий нейротоксин, здатний накопичуватися в організмі, а кадмій - це канцероген 1 групи за класифікацією IARC.

2.2.2. Методи оцінки токсичності та небезпеки

Хімічні речовини, що використовуються в авторемонті, класифікуються відповідно до системи GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) за такими основними класами небезпеки: вибухонебезпечні; легкозаймисті; окислювальні; токсичні при вдиханні, ковтанні або контакті зі шкірою; корозійні щодо шкіри та очей (або металу); небезпечні для довкілля (гостра та хронічна токсичність для водних і наземних екосистем).

Кожна хімічна речовина або суміш, що застосовується в автосервісі (фарби, розчинники, мастила, антифризи, гальмівні рідини тощо), повинна супроводжуватися паспортом безпеки речовини (Safety Data Sheet, SDS), складеним відповідно до вимог GHS та національного законодавства.

Для оцінки впливу хімічних речовин на довкілля та живі організми використовують стандартизовані токсикологічні та екотоксикологічні показники [13,15]:

- LC_{50} (летальна концентрація 50 %) — концентрація речовини у воді або повітрі, що призводить до загибелі 50 % тестових організмів (риб, дафній, безхребетних) протягом визначеного часу (зазвичай 96 годин для риб);
- LD_{50} (летальна доза 50 %) — доза речовини (мг/кг маси тіла), що викликає загибель 50 % лабораторних тварин (зазвичай щурів або мишей) при пероральному, дерматологічному чи інгаляційному введенні;
- EC_{50} — ефективна концентрація, що викликає певний негативний ефект (наприклад, пригнічення росту чи розмноження) у 50 % тестових організмів;
- BOD (біологічне споживання кисню) та COD (хімічне споживання кисню) — показники, що характеризують здатність речовини забруднювати воду органічними сполуками та впливати на кисневий режим водойм;
- NOEC (найвища концентрація без спостережуваного ефекту) та LOEC (найнижча концентрація з спостережуваним ефектом) — використовуються для оцінки хронічної токсичності.

Деякі хімічні речовини, що застосовуються в авторемонті, мають високу стійкість у довкіллі та здатність до біоаккумуляції. Вони характеризуються такими властивостями, як персистентність — здатність зберігатися в ґрунті, воді чи осадах протягом багатьох років (наприклад, мінеральні мастила, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАНs) у відпрацьованих оливах і сажі);

біоаккумуляція — накопичення речовини в тканинах організмів у концентраціях, що значно перевищують її вміст у довкіллі (важкі метали — свинець, кадмій, хром; деякі полімерні добавки фарб і лаків, ПФОС та інші пер- і поліфторалкільні сполуки) та біомагніфікація — збільшення концентрації речовини на вищих трофічних рівнях харчового ланцюга (наприклад, ртуть, ДДТ-подібні сполуки, деякі антипірени).

Такі властивості роблять ці речовини особливо небезпечними при неналежному поводженні з відходами авторемонтних майстерень.

В таблиці 2.2. представлений потенційний вплив під час різних технологічних процесів на СТО

Таблиця 2.2 Потенційний вплив різних технологічних процесів СТО

Процес	Основні небезпечні речовини	Потенційний вплив
Фарбування	ЛОС, ізоціанати	Токсичні пари, утворення смогу
Зварювання	Металеві аерозолі	Канцерогенний пил, легкі метали
Мийка деталей	Луги, кислоти	Корозія, токсичні стоки
Заміна олив	Відпрацьовані мастила	Ґрунтове та водне забруднення
Діагностика АС	Фреони	Руйнування озонового шару

Таблиця 2.3 містить характеристику реагентів з GHS-класифікацією, що найчастіше застосовуються в технологіях авторемонту (фарбування, знежирення, миття деталей, обслуговування гальмівних систем, охолодження та електросистем), а саме назву речовини або групи реагентів; основні небезпеки за GHS; відповідні піктограми GHS; категорії небезпеки; коротку характеристику специфічних ризиків для довкілля.

Таблиця 2.3. GHS-класифікація реагентів у технологіях авторемонту

Речовина / група	Основні GHS-класи небезпеки	Піктограми GHS	Категорія небезпеки	Основні екологічні ризики
Толуол	Flam. Liq. 2; Repr. 2; STOT RE 2; Asp. Tox. 1	  	Кат. 2, 1	Леткі органічні сполуки (ЛОС), токсичність для водних організмів, забруднення повітря
Ксилол	Flam. Liq. 3; Acute Tox. 4; Skin Irrit. 2	 	Кат. 3, 4	ЛОС, токсичність у воді, фотохімічне утворення смогу
Ацетон	Flam. Liq. 2; Eye Irrit. 2A	 	Кат. 2	Висока леткість, швидке потрапляння в атмосферу
Ізоціанати (MDI, TDI)	Acute Tox. 3; Resp. Sens. 1; Skin Sens. 1; STOT SE 3	 	Кат. 1, 3	Небезпечні полімеризаційні продукти, токсичність для води
Акрилові фарби	Flam. Liq. 3; Skin Irrit. 2; Aquatic Chronic 2	  	Кат. 3, 2	Порушення якості води, утворення стійких органічних залишків
Поліуретанові фарби	Resp. Sens. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2	 	Кат. 1, 2	Довготривала токсичність, мікропластики
Відпрацьовані мастила	Carc. 1B; Aquatic Chronic 2; Asp. Tox. 1	 	Кат. 1B, 2	Канцерогени, важкі метали, забруднення ґрунту та вод
Антифриз (етиленгліколь)	Acute Tox. 4; STOT RE 2	 	Кат. 4, 2	Потрапляння у водойми викликає токсичність, підвищення ХСК
Гальмівні рідини	Repr. 2; Acute Tox.		Кат. 4, 2	Розчинність у воді збільшує токсичність

(гліколеві ефіри)	4; Eye Irrit. 2			
Акумуляторна кислота (H_2SO_4)	Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3	 	Кат. 1A	Ацидизація ґрунту, тяжкі метали свинцю
Свинцеві сполуки (Pb^{2+})	Repr. 1A; Acute Tox. 4; Aquatic Chronic 1	 	Кат. 1A, 1	Надзвичайно токсичні для водних організмів, біоаккумуляція
Лужні мийні засоби (NaOH)	Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1		Кат. 1A	Різка зміна pH вод, загибель біоти
Кислотні мийні засоби (HCl, H_3PO_4)	Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1		Кат. 1B	Корозія, ризик хімічних опіків, зміна pH стічних вод
ПАР та біоциди	Aquatic Acute 1; Skin Irrit. 2	 	Кат. 1, 2	Евтрофікація водойм, токсичність для мікроорганізмів
Фреони (R134a, R1234yf)	Liquefied Gas; H280		Кат. гази під тиском	Потенціал глобального потепління, витіснення кисню
Металевий пил (Zn, Cr, Ni)	Carc. 1A; Aquatic Acute 1; Aquatic Chronic 1	 	Кат. 1A, 1	Накопичення важких металів, токсичність для рослин та водних організмів
Епоксидні смоли та затверджувачі	Skin Sens. 1; Eye Irrit. 2; Aquatic Chronic 2	 	Кат. 1, 2	Довгострокова токсичність у водних системах
Газ для зварювання (пропан-бутан)	Flam. Gas. 1		Кат. 1	Викиди продуктів горіння у повітря
Аерозолі технічні	Aerosol 1; Flam. 2		Кат. 1	ЛОС, створення аерозольних хмар

Розшифровка	пiктограм
	Легкозаймисті рiдини / гази
	Корозійні речовини
	Токсичні / смертельні
	Шкiдливi, подразливi, сенсiбiлiзатори
	Небезпечні для водного середовища
	Небезпека довгострокового забруднення (неофіційно, як загальноприйнятий символ)

Оцінка токсичності та небезпеки матеріалів і реагентів у сфері авторемонту демонструє, що більшість із них належать до високоризикових категорій. Їхній негативний вплив охоплює всі компоненти довкілля — повітря, ґрунт і воду — а також становить пряму небезпеку для працівників і населення. Системний підхід до аналізу токсичності, включаючи класифікацію за GHS, екотоксикологічні тести, аналіз стійкості та біоаккумуляції, є критично важливим для подальшого формування екологічно безпечних технологій авторемонту.

2.3. Методи кількісної та якісної оцінки екологічних ризиків

Оцінка екологічних ризиків технологій авторемонту є ключовим елементом формування стратегій екологічної безпеки підприємств та визначення пріоритетів мінімізації негативного впливу. Екологічні ризики в галузі автосервісу мають комплексний характер і охоплюють вплив хімічних реагентів, стічних вод, викидів ЛОС, відходів небезпечних класів, шуму та фізичних факторів, а також ризики аварійних ситуацій (розливи, витoki, неконтрольовані реакції реагентів). Тому для їх коректного оцінювання застосовують як якісні, так і кількісні методи [14, 15, 41], які в комплексі дають змогу отримати повну картину ризиків і ухвалити обґрунтовані управлінські рішення.

2.3.1. Якісні методи оцінювання екологічних ризиків

Якісні методи дозволяють ідентифікувати потенційні загрози, визначити їх імовірність та можливі наслідки без застосування математичних моделей. Вони є особливо ефективними на початкових етапах аналізу та при відсутності великих масивів даних.

Метод експертних оцінок

Передбачає залучення фахівців у сфері екології, охорони праці, хімічної безпеки та технологій авторемонту для оцінювання ступеня небезпеки процесів. Його перевагами є доступність, гнучкість, можливість урахування специфічних умов підприємства. Але разом з тим він має певні обмеження, якими виступають суб'єктивність експертів, залежність результату від їхнього досвіду.

Check-list аналіз (контрольні списки)

За цим методом створюються переліки потенційно небезпечних факторів: токсичних розчинників, місць можливих розливів, відходів лакофарбових матеріалів, систем вентиляції, ємностей з відпрацьованими мастилами. Метод дозволяє швидко ідентифікувати порушення та сформулювати перелік першочергових заходів.

Метод «What if...?» («Що буде, якщо...?»)

Застосовується для аналізу аварійних ситуацій шляхом постановки певних питань:

- «Що буде, якщо станеться розлив розчинника?»
- «Що буде, якщо відмовить система вентиляції фарбувальної камери?»
- «Що буде, якщо відпрацьовані мастила потраплять у ґрунт?»

Метод дає можливість сформувати сценарії ризиків та заходи попередження.

SWOT-аналіз

Використовується для загальної оцінки сильних та слабких сторін екологічної безпеки автосервісу, а також зовнішніх можливостей і загроз. Дозволяє сформувати стратегічне бачення управління ризиками.

Функціонально-логічні схеми та діаграми Ісікави

Діаграма причинно-наслідкових зв'язків (Ісікави) використовується для визначення джерел ризиків, таких як персонал, обладнання, матеріали, методи роботи, навколишнє середовище. Цей метод допомагає виявити приховані чинники, що сприяють виникненню екологічних загроз.

2.3.2. Кількісні методи оцінювання екологічних ризиків

Кількісні методи базуються на вимірюваннях, розрахунках, статистичних моделях та індексах [41]. Вони дозволяють оцінити рівень ризику у числовій формі, визначити критичні процеси, спрогнозувати ефективність заходів.

Оцінка ризику за формулою $R = P \times C$

Де:

P — ймовірність виникнення події (від 0 до 1),

C — тяжкість наслідків (у балах або економічних величинах).

Метод дозволяє кількісно класифікувати ризики, розподіляючи їх на низькі, середні, високі, критичні.

Для автосервісу можуть розраховуватися ризики розливу токсичних рідин, витоку фреону, утворення небезпечних концентрацій ЛОС, неправильного поводження зі свинцевими батареями.

Індекс токсичності реагентів

Використовується для оцінки шкідливості речовин, що застосовуються у фарбуванні, поліруванні, митті деталей. Розрахунок базується на порівнянні фактичної експозиції з допустимими нормами.

$HI > 1$ — високий ризик

$HI < 1$ — прийнятний рівень

Розрахунок екологічних індексів впливу

Компанії автосервісу можуть визначати екологічні індекси впливу для кожного технологічного процесу

$$EIF = \sum (m_i \times H_i \times T_i)$$

де:

m_i — маса забруднювача,

H_i — токсичність,

T_i — тривалість впливу.

Метод дозволяє кількісно порівняти альтернативні технології (наприклад, на основі водорозчинних фарб і фарб на розчинниках).

Моделювання розповсюдження забруднювачів

Використовується для оцінки викидів ЛОС та дрібнодисперсного пилу у зонах авторемонту — особливо при фарбуванні та шліфуванні кузовів. Моделі визначають концентрацію забруднювачів у повітрі, радіус впливу, зони ризику для населення.

Оцінка ризику стічних вод

Здійснюється на основі показників: ХСК, БСК, вміст ПАР, важкі метали (Pb, Zn, Cr), нафтопродукти. Застосовуються методи порівняння з нормативами ДСТУ, ГДК та водоканальних правил.

Метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Розширений аналіз відмов і впливів. Використовується для оцінки ризиків при роботі з обладнанням, таким як фарбувальні камери, компресори, системи вентиляції, установки збору мастил. В процесі застосування методу розраховується RPN — пріоритетний номер ризику за формулою:

$$\text{RPN} = \text{Тяжкість} \times \text{Виникнення} \times \text{Виявлення} \\ \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

Метод дає можливість виявляти критичні технологічні етапи.

Екологічна оцінка життєвого циклу (LCA)

Використовується для порівняння впливу від застосування таких матеріалів, як фарб на водній основі; різних типів мийних реагентів; типів мастил. Дозволяє оцінити енергоспоживання, сформовані відходи, потенціал глобального потепління, ступінь токсичності для людей та екосистем.

2.3.3. Комплексна інтегральна оцінка екологічних ризиків

Для точнішого визначення сукупного впливу підприємства автосервісу застосовується інтегральний підхід, що поєднує якісні методи (експертні, аналітичні, логічні); кількісні методи (індекси, розрахункові моделі, вимірювання); екосистемні підходи (оцінка впливу на повітря, воду, ґрунт, біоту).

Інтегральна оцінка дозволяє скласти карту ризиків, визначити пріоритети мінімізації, обґрунтувати план управління ризиками, котрий включає: зміну технології; заміну матеріалів на менш токсичні; модернізацію вентиляції; покращення систем збору відходів; створення аварійних планів.

Застосування як якісних, так і кількісних методів дозволяє зменшити ймовірність аварійних ситуацій; мінімізувати токсичне навантаження на довкілля; підвищити екологічну відповідальність автосервісних підприємств; оптимізувати технологічні процеси; перейти на більш екологічно безпечні матеріали та реагенти. Комплексний аналіз є основою для розробки політики екологічної безпеки підприємства та впровадження стратегії сталого розвитку в сфері автосервісу.

2.3.4. Оцінювання ризиків за методикою Risk Score ($P \times S$)

До переліку типових екологічних ризиків автосервісу можна віднести наступні ризики:

1. Викиди летких органічних сполук (ЛОС) під час фарбування
2. Розливи моторних олиव та ПММ
3. Попадання охолоджуючих рідин (антифризу) у ґрунт/каналізацію
4. Витоки гальмівних рідин, що містять токсичні компоненти
5. Утворення небезпечного пилу (шліфування, зняття фарби)
6. Неправильне зберігання акумуляторів (ризик витоку кислоти)
7. Порухення правил утилізації фільтрів і ганчір'я, просочених хімікатами
8. Ризик займання фарби, розчинників або газових балонів
9. Змішування несумісних хімікатів
10. Перевищення рівня шуму, що впливає на персонал і населення

Проводимо кількісну оцінку ризику за формулою:

$$R=P \times S$$

де

P — ймовірність (1–5),

S — тяжкість наслідків (1–5).

Ймовірність (P):

1 – дуже низька ... 5 – дуже висока

Наслідки (S):

1 – незначні ... 5 – катастрофічні

Далі проводимо пріоритизацію ризиків

– за категоріями (низький, середній, високий, критичний),

– ранжуванням по балам.

Ризик ($R = P \times S$):

1–5 – низький

6–12 – середній

13–19 – високий

20–25 – критичний

Таблиця 2.3. Розрахунок ризиків

№	Ризик	P	S	$R = P \times S$	Рівень ризику
1	Викиди VOC під час фарбування	5	4	20	Критичний
2	Розливи моторних олив	4	4	16	Високий
3	Потрапляння антифризу	3	5	15	Високий
4	Витоки гальмівної рідини	3	4	12	Середній
5	Утворення токсичного пилу	4	3	12	Середній
6	Неправильне зберігання акумуляторів	3	4	12	Середній
7	Неправильна утилізація відходів	3	5	15	Високий
8	Займання ЛФМ	2	5	10	Середній
9	Реакція несумісних хімікатів	2	5	10	Середній

10	Перевищення рівня шуму	4	2	8	Середній
----	------------------------	---	---	---	----------

Визначаємо рейтинг ризиків (від найнебезпечніших)

Критичний

1. 20 — Викиди ЛОС (фарбування)

Високий

2. 16 — Розливи моторних олив
3. 15 — Потрапляння антифризу
4. 15 — Неправильна утилізація відходів

Середній

5. 12 — Витоки гальмівної рідини
6. 12 — Токсичний пил
7. 12 — Неправильне зберігання акумуляторів
8. 10 — Займання ЛФМ
9. 10 — Реакція хімікатів
- 10.8 — Шум

Найпріоритетніші проблеми:

- Фарбувальні роботи: максимальні ризики через ЛОС → потребують вентиляції, фільтрації, замкнених камер.
- Розливи олив → необхідні сорбенти, герметичні піддони, система збору.
- Антифриз та інші токсичні рідини → заборонений скид у каналізацію, лише ліцензована утилізація.
- Відходи (ганчір'я, фільтри) → загроза ґрунтам і підземним водам.

Середні ризики:

- Хімічні реакції, зберігання акумуляторів, пил — контроль за процедурами, SOP, інструктажі.
- Пожежонебезпека ЛФМ — витяжка, заземлення, протипожежні системи.

Керовані ризики:

- Шум — екрани, індивідуальний захист.

2.4. Приклади негативного впливу авторемонтних підприємств на довкілля

Авторемонтні підприємства, станції технічного обслуговування (СТО) та сервісні центри автотранспорту характеризуються високою екологічною небезпекою через інтенсивне використання токсичних хімічних реагентів, мастил, паливно-мастильних матеріалів (ПММ), лакофарбових матеріалів, а також формування значних обсягів небезпечних відходів. Неправильне поводження з такими речовинами, недостатня технологічна оснащеність та порушення правил екологічної безпеки можуть спричиняти суттєві негативні наслідки для атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, біоти, а також здоров'я населення та працівників. У цьому підрозділі розглянуто найбільш поширені приклади впливу автосервісів на довкілля, підтверджені як науковими дослідженнями, так і практичними інцидентами.

Фарбувальні роботи в автосервісах є одним з основних джерел викидів летких органічних сполук (ЛОС), серед яких толуол, ксилол, ацетон, бутанол, етилацетат та інші розчинники. Неконтрольовані викиди виникають у разі відсутності або несправності вентиляційно-фільтраційних установок; ручного фарбування поза фарбувальною камерою; випаровування розчинників під час підготовки поверхонь; неправильного поводження з ЛФМ та використання відкритих контейнерів.

На окремих СТО у міських районах зафіксовано перевищення граничнодопустимих концентрацій (ГДК) толуолу та ксилолу в 2–5 разів у зоні від 10 до 50 м від майстерні. Це призводило до скарг мешканців на головний біль, алергічні реакції та неприємний запах, а також до підвищеного ризику хронічних захворювань органів дихання у працівників [46].

Одним із найтипівіших джерел екологічної небезпеки автосервісів є розливи моторної оливи, трансмісійної рідини, антифризу та гальмівної рідини. Проблеми часто виникають через: відсутність спеціальних піддонів і бар'єрів на місцях ремонту; неналежний збір відходів ПММ; зберігання бочок

та каністр на відкритому ґрунті; незаконний скид відпрацьованих рідин у каналізаційну систему [48].

Антифриз містить етиленгліколь, який є токсичним для людей і тварин. Відомі випадки, коли через розгерметизацію системи зберігання сотні літрів антифризу опинялися в ґрунті, просочуючи підземні води. Це призводило до тимчасової заборони використання криничної води в приватному секторі поблизу СТО.

Під час дощу розлиті ПММ змивалися з території автосервісів у систему зливової каналізації, а далі — у річкову мережу. Зафіксовані випадки утворення бензинової плівки на малих річках, що порушувало газообмін і призводило до загибелі риби.

СТО генерують широкий спектр небезпечних відходів, серед яких: фільтри, просочені оливою або паливом; ганчір'я з розчинниками; залишки фарб, шпаклівок, лаків; шліфувальний пил із металів і полімерів; використані акумулятори та батареї; відпрацьовані антифризи та гальмівні рідини.

Неправильне поводження з такими відходами є однією з найпоширеніших причин шкоди довкіллю. На багатьох підприємствах відходи зберігаються у звичайних контейнерах або поліетиленових мішках, що призводить до витоку токсичних речовин у ґрунт.

У ряді випадків працівники СТО спляють ганчір'я, що містить розчинники, утворюючи велику кількість токсичних продуктів — діоксинів, фуранів та поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

У процесі шліфувальних, фарбувальних та знежирувальних робіт формується пил, аерозолі та пари розчинників, що можуть: підвищувати концентрацію небезпечних речовин у повітрі майстерні; провокувати професійні захворювання (дерматити, астму, отруєння); переноситися потоком повітря за межі підприємства.

У дослідженнях ДСНС зафіксовано, що на деяких автосервісах рівень стиролу в цехах перевищував ГДК у 7 разів, а пил поліуретанових матеріалів — у 3–4 рази.

З діяльністю СТО дуже часто пов'язані пожежонебезпечні та вибухонебезпечні ситуації. Фарбувальні матеріали та розчинники є високозаймистими речовинами. До типових проблем належать: зберігання ЛФМ у звичайних складських приміщеннях без вентиляції; використання несправних компресорів та електроінструментів; нагромадження парів розчинників у фарбувальних камерах.

Відомі випадки займання ЛФМ у малих автосервісах, що призводили до викидів токсичних продуктів горіння у повітря та масштабного забруднення території.

У районах, прилеглих до автосервісів, фіксували: зменшення чисельності безхребетних у ґрунті; пригнічення росту рослин через високі концентрації нафтопродуктів; забруднення водойм, що викликає загибель риб і земноводних.

Неправильне зберігання акумуляторів спричинило витік сірчаної кислоти, що призвело до загибелі рослинності на площі понад 120 м² та локального закислення ґрунтів.

Авторемонтні підприємства можуть створювати значне екологічне навантаження через викиди ЛОС, забруднення ПММ, токсичних технічних рідин, утворення небезпечних відходів, підвищену пожежну небезпеку та ризики неконтрольованого викиду токсичних речовин у довкілля. Аналіз практичних прикладів підтверджує, що основні екологічні проблеми виникають внаслідок: недостатнього контролю технологічних процесів; відсутності сучасного обладнання для очищення викидів та утилізації відходів; низького рівня екологічної культури персоналу; порушення вимог екологічного законодавства.

Це підкреслює необхідність удосконалення систем управління екологічною безпекою на автосервісах, модернізації технологій та впровадження сталих практик поводження з небезпечними матеріалами.

Таблиця 2.5. Негативний вплив авторемонтних підприємств на довкілля

Джерело забруднення	Вид забруднення	Екологічні та санітарні наслідки	Реальні або типові приклади
Фарбувальні роботи (ЛФМ, розчинники)	Леткі органічні сполуки (ЛОС): толуол, ксилол, ацетон, етилацетат	- Зростання канцерогенного та токсичного впливу на людину; - утворення приземного озону; - забруднення повітря у житлових районах; - ризик професійних захворювань працівників	Перевищення ГДК ЛОС у повітрі біля СТО у 2–5 разів; численні скарги населення на запахи та головний біль
Зливи моторної оливи, антифризу, гальмівної рідини	Забруднення ґрунтів і підземних вод хімічно стійкими речовинами	- Токсичне ураження ґрунту; - потрапляння етиленгліколю та важких металів у водоносні горизонти; - непридатність криничної води	Випадки проникнення антифризу у колодязі приватного сектору; локальне отруєння ґрунту на площі до 200 м ²
Мийка деталей без очищення стічних вод	Забруднення нафтопродуктами та ПАР у каналізації	- Формування нафтяних плівок на поверхні води; - загибель риби; - блокування біологічних очисних споруд	Потрапляння мастил у зливову каналізацію з подальшим скиданням у річку; фіксація бензинової плівки площею 25–40 м ²
Неправильне зберігання ЛФМ	Хімічні пари, вибухонебезпечні аерозолі	- Отруєння працівників; - ризик пожеж; -	Пожежі на СТО через необладнані склади ЛФМ;

		викиди токсичних продуктів горіння	поширення токсичного диму
Зберігання відходів на відкритому ґрунті	Забруднення ґрунтів токсичними речовинами: свинець, нікель, феноли, полімери	- Деградація ґрунтів; - токсичний вплив на рослинність; - зниження родючості	Самовільні сміттєзвалища біля автосервісів із фільтрами та ганчір'ям, просоченим розчинниками
Спалювання відходів (ганчір'я, пластикові елементи, ЛФМ)	Діоксини, фурани, поліциклічні ароматичні вуглеводні	- Сильний канцерогенний вплив; - забруднення повітря та ґрунту продуктами горіння	Зафіксовані випадки незаконного спалювання фарбувальних відходів, що призводило до масового задимлення приватного сектору
Шліфувальні роботи та полірування	Металевий та полімерний пил	- Потрапляння мікрочастинок у легені; - забруднення навколишнього повітря; - осідання пилу на ґрунт	Підвищений рівень пилу у 3–4 рази в приміщеннях СТО за даними вимірювань ДСНС
Зберігання акумуляторів	Витоки сірчаної кислоти, свинцю	- Кислотне ураження ґрунтів; - отруєння ґрунтових вод; - пригнічення рослинності	Випадки витоку електроліту з пошкоджених акумуляторів та загибель зелених насаджень
Витік пального зі зношених баків автомобілів	Бензинові та дизельні фракції	- Підвищення ризику займання; - токсичність для водних організмів; -	Забруднення ґрунту навколо місця стоянки авто на СТО; небезпечне

		утворення парникових газів	накопичення парів
Неконтрольовані стоки з автомийок при СТО	ПАР, нафтопродукти, мікропластик	- Евтрофікація водних об'єктів; - токсичний вплив на водні організми; - засмічення мікропластиком	Занесення змивів з автомийки в річку → забруднення придонних шарів та загибель риби

РОЗДІЛ 3.

МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

3.1. Методики екологічного моніторингу та контролю

Екологічний моніторинг та контроль є невід’ємною складовою системи управління екологічною безпекою підприємств автосервісу та авторемонтних майстерень. Основна мета цих заходів – своєчасне виявлення, оцінка та запобігання негативному впливу технологічних процесів авторемонту на компоненти довкілля (атмосферне повітря, водні об’єкти, ґрунт, відходи виробництва). У контексті теми, яка досліджується особлива увага приділяється моніторингу забруднюючих речовин, що утворюються під час фарбування, зварювання, мийки автомобілів, заміни мастил, акумуляторних батарей, шин та інших типових операцій авторемонту.

Згідно з сучасними нормативними документами України (ДСТУ ISO 14031:2015, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Постанова КМУ від 31.08.2016 № 616) та міжнародними стандартами (ISO 14001:2015, EMAS), екологічний моніторинг поділяється на локальний (виробничий), територіальний (місцевий), Регіональний та державний моніторинг.

Локальний (виробничий) моніторинг – проводиться безпосередньо на території підприємства (СТО, автосервісу). Включає регулярні заміри викидів від фарбувальних камер, концентрації нафтопродуктів у стічних водах після мийок, вмісту важких металів у відпрацьованих мастилах та акумуляторному електроліті.

Територіальний (місцевий) моніторинг – здійснюється органами місцевого самоврядування або спеціалізованими лабораторіями в зоні впливу групи авторемонтних підприємств (промзони, гаражні кооперативи).

Регіональний та державний моніторинг – координується Держекоінспекцією та входить до складу Національної системи моніторингу довкілля.

Для авторемонтних підприємств найактуальнішим є саме локальний рівень, оскільки дозволяє оперативно реагувати на перевищення гранично-допустимих викидів (ГДВ) та гранично-допустимих скидів (ГДС).

В більшості випадків об'єктами моніторингу для автосервісного підприємства викиди в атмосферне повітря, скиди стічних вод після мийки, відходи ремонту та ґрунт на території, прилеглій до СТО.

Основні об'єкти моніторингу та контрольовані показники наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Основні об'єкти та параметри екологічного моніторингу авторемонтних підприємств

Об'єкт моніторингу	Контрольовані забруднюючі речовини / показники	Нормативні документи
Викиди в атмосферне повітря	Леткі органічні сполуки (ЛОС), аерозолі фарб, толуол, ксилол, тверді частки (PM10, PM2.5), оксиди азоту, вуглецю	ДСП 173-96, ГДК (МОЗ України), Директива 1999/13/ЄС
Стічні води після мийки	Нафтопродукти, завислі речовини, важкі метали (Pb, Zn, Cu, Cr), pH, БСК5, ХСК	ГДС (наказ Мінприроди від 20.03.2017 № 116)
Відходи виробництва	Відпрацьовані мастила, акумулятори, шини, ганчір'я з ЛОС, фільтри, гальмівні колодки з азбестом	Закон України «Про управління відходами» (2023), Базельська конвенція
Ґрунт на території та прилеглій	Нафтопродукти, важкі метали, солі	ДСТУ 4770:2007

Контроль викидів в атмосферу здійснюється газоаналізаторами (Testo 350, Gasmeter DX-4030), які використовуються для вимірювання ЛОС, CO, NOx. Також застосовуються аспіраційні установки (типу ПУ-2Е) з подальшим гравіметричним визначенням пилу і фотоіонізаційні детектори (PID) при використанні експрес-метода визначення сумарних ЛОС під час фарбування.

Контроль стічних вод здійснюється портативними аналізаторами типу HACH DR 3900, DR 1900 для нафтопродуктів і важких металів. Крім того використовується спектрофотометричний метод (БСК5, ХСК), а також рН-метри та кондуктометри.

Контроль відходів здійснюється шляхом проведення на обліку відходів переважно в електронному вигляді через систему ЕкоСистема (з використанням ЕЦП/кваліфікованого електронного підпису). Передача відходів між суб'єктами здійснюється виключно через електронні акти приймання-передачі в системі [34, 37]. Лабораторне визначення небезпечних властивостей (корозійність, токсичність, реактивність) згідно ДСТУ 4462.2.01-2005.

Сучасні фарбувальні камери оснащуються датчиками ЛОС та системами автоматичного відключення при перевищенні 50 мг/м³ (вимога Директиви 2010/75/ЄС щодо промислових викидів). В Україні такі системи поки що впроваджуються переважно на великих СТО мережового типу.

Для підприємств III категорії небезпечності (більшість СТО) – інструментальний контроль викидів 1 раз на 3 роки, стічних вод – 1 раз на рік (наказ Міндовкілля від 09.03.2021 № 158). Також автосервісні підприємства можуть застосовувати саомоніторинг шляхом ведення журналів обліку відходів, заміру концентрації ЛОС у робочій зоні, перевірка герметичності оливних сепараторів.

Сучасні тенденції та цифрові інструменти

Сучасні тенденції в екологічному моніторингу авторемонтних підприємств спрямовані на інтеграцію цифрових технологій, які забезпечують реальний час збору даних, автоматизований аналіз та прогнозування ризиків

[33, 40]. Згідно з оновленими звітами на 2025 рік, ринок програмного забезпечення для автосервісів, включаючи екологічний моніторинг, зростає на 9,89% щорічно, досягаючи 2,289 млрд USD до 2034 року, з акцентом на хмарні рішення та IoT-датчики для зменшення екологічного сліду. Це особливо актуально для України, де нормативні вимоги стимулюють впровадження цифрових систем для дотримання ГДВ та ГДС, а також для мінімізації впливу від мийок, фарбування та утилізації відходів.

Цифрові інструменти дозволяють перейти від реактивного контролю до проактивного, інтегруючи дані з сенсорів у хмарні платформи для автоматизованих звітів, прогнозування перевищень та оптимізації ресурсів. Розглянемо детально ключові напрямки застосування цифрових інструментів для екологічного моніторингу і контролю.

Інтернет речей або IoT-датчики для реального часу є основою сучасного моніторингу, дозволяючи бездротове з'єднання сенсорів з хмарними серверами. Вони являють собою пристрої, які вимірюють фізичні параметри навколишнього середовища або характеристики об'єктів і перетворюють ці дані на цифровий формат для подальшої передачі та обробки через інтернет. У авторемонтних майстернях IoT-датчики встановлюються на фарбувальних камерах, оливних сепараторах та зонах мийки для відстеження ключових параметрів.

Так, для моніторингу ЛОС під час фарбування можна застосовувати спеціалізовані IoT-датчики, такі як VOCSens EnviCam®-3x або Kunak VOC cartridge з фотоіонізаційним детектором (PID) на 10,6 еВ, які забезпечують вибіркове виявлення толуолу, ксилолу та інших ЛОС з чутливістю до низьких концентрацій (від 0,1 ppm). У 2025 році впроваджено IoT-системи з багатомодульними сенсорами (наприклад, на базі ANFIS – адаптивних нейрофаззі-інференційних систем), які прогнозують заміну активованого вугілля в адсорбційних фільтрах фарбувальних установок, зменшуючи викиди на 20–30%. Вартість таких систем – від 500 USD за модуль, з інтеграцією в мобільні додатки для миттєвих сповіщень.

Під час проведення контролю стічних вод та відходів IoT-датчики HACH IoT (DR 3900 з бездротовим модулем) моніторять нафтопродукти, рН та важкі метали в реальному часі, передаючи дані на хмару для автоматизованого аналізу БСК5/ХСК. У промислових зонах України (наприклад, Київська та Харківська обл.) такі системи інтегруються з локальними мережами для групового моніторингу СТО. За рахунок впровадження таких систем спостерігається зниження витрат на ручний контроль на 40–50%, можлива також інтеграція з AI для прогнозування аварій (наприклад, розливів мастила). (lastchanceautorepairs.com)

Хмарні рішення централізують дані з IoT-датчиків, забезпечуючи доступ через веб/мобільні інтерфейси. Вони відповідають європейським стандартам (ISO 14001:2015 та Директиві ЄС 2010/75/ЄС), з акцентом на безпеку даних (GDPR-сумісність). В таблиці 3.2. представлені основні характеристики ключових хмарних платформ для екологічного моніторингу в промисловості

Таблиця 3.2. Порівняння ключових хмарних платформ для екологічного моніторингу в промисловості

Платформа	Основні функції	Застосування в авторемонті	Вартість (орієнтовна)
Envirosuite	Автоматизовані сповіщення, AI-аналіз викидів, інтеграція з IoT для ЛОС/РМ	Моніторинг фарбувальних камер, прогноз ГДВ	Від 1000 USD/рік
Fogwing Eco	Моніторинг CO ₂ , PM2.5, вологості; хмарний дашборд з 2-річною підпискою	Контроль мікроклімату в майстернях, енергоефективність	500–2000 USD/кіт
Cisco Spaces	IoT-інтеграція, моніторинг	Груповий моніторинг мереж	Від 2000 USD/об'єкт

	температури/якості повітря, комплаєнс-звіти	СТО, інтеграція з OBD	
DicksonOne	Реальний час для температури/вологості, масштабованість для кількох локацій	Моніторинг складів мастил/акб, алерти на розливи	300–1500 USD/рік
Schneider EcoStruxure	Енергоефективність, до 30% заощаджень, інтеграція з ERP	Оптимізація енергоспоживання фарбувальних печей	Від 5000 USD/рік

Ці платформи дозволяють генерувати звіти для Держекоінспекції, інтегрувати дані з державними системами моніторингу та використовувати AI для виявлення аномалій, як перевищення ЛОС на 15%.

БПЛА (безпілотні літальні апарати) є інноваційним інструментом для аерофотозйомки прилеглих територій, особливо для виявлення розливів нафтопродуктів від СТО чи гаражів. У 2025 році в Україні дрони використовуються для моніторингу промзон (Київ, Одеса), з акцентом на екологічну безпеку після воєнних подій.

Технології: Дрони типу WingtraOne з мультиспектральними сенсорами (тепловізори, LIDAR) створюють ортомозаїки для оцінки площі розливу (до 100 га за політ), класифікації забруднення та моніторингу очищення. Системи як Spill Hawk (DroneServ) з AI-аналізом виявляють нафтопродукти на воді/грунті з точністю 95%, зменшуючи час реагування з днів до годин. Застосовуються шляхом щоденного обльоту периметру СТО для виявлення витоків мастила; інтеграція з хмарними платформами для 3D-моделей забруднення. Вартість – 2000–5000 USD за дрон + софт.

Системи ISO 14001:2015 еволюціонують з модулями AI для постійного вдосконалення. Наприклад, AutoVitals з Digital Vehicle Inspections (DVI) інтегрує екодані для моніторингу викидів під час ремонту, підвищуючи ARO (середній чек) на 20% за рахунок "зелених" послуг. AI-алгоритми (на базі

машинного навчання) прогнозують ризики, як розливи від акумуляторів, з точністю 85–90%. У перспективі очікується повна інтеграція з 5G для ультрашвидкого моніторингу та VR-дашбордів для навчання персоналу.

Отже, цифрові інструменти трансформують екологічний моніторинг авторемонтних підприємств у проактивну систему, зменшуючи вплив на довкілля на 25–40% та забезпечуючи комплаєнс. Їх впровадження є ключовим для стратегій мінімізації (розділ 4), з ROI від 6–12 місяців.

Таким чином ефективна система екологічного моніторингу на авторемонтному підприємстві має поєднувати обов'язковий інструментальний контроль, щоденний самомоніторинг та сучасні цифрові рішення. Результати моніторингу є основою для розробки заходів мінімізації впливу та обґрунтування стратегій переходу до «зеленого» автосервісу.

3.2. Використання біотестування та фітотестування для оцінки токсичності

Оцінка токсичності відходів та забруднень, що утворюються в процесі авторемонтних технологій (відпрацьовані мастила, важкі метали, розчинники, лакофарбові аерозолі, мийні стічні води тощо), є ключовим етапом визначення їхньої екологічної небезпеки. Традиційні фізико-хімічні методи аналізу (атомно-абсорбційна спектрометрія, газова хроматографія, ВЕРХ тощо) дають точні дані про концентрацію окремих токсикантів, але не відображають їхньої інтегрованої (сумарної) біологічної дії на живі організми та екосистеми. Саме тому сучасні нормативні документи України (ДСТУ ISO 5667-16:2017, ДСТУ ISO 6341:2015) та міжнародні стандарти (ISO 11348, ISO 20079, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals) рекомендують обов'язкове використання біотестування як доповнення до хімічного аналізу [35, 36].

Біотестування – це комплекс методів оцінки токсичності середовищ за реакцією тест-організмів різного трофічного рівня (бактерії, водорості, ракоподібні, риби). Найпоширенішими тест-об'єктами для оцінки стічних вод та ґрунтів авторемонтних підприємств є люмінесцентні бактерії *Vibrio fischeri*

(тест Microtox®, *Aliivibrio fischeri*). Він стандартизований за ISO 11348-3. Чутливість до важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd), нафтопродуктів та поверхнево-активних речовин дозволяє виявляти гостру токсичність за 5–30 хв. Також використовуються інфузорії *Paramecium caudatum* та коловертки *Brachionus calyciflorus* для оцінки летальної та сублетальної токсичності (ДСТУ 8395:2015) і ракоподібні *Daphnia magna* та *Ceriodaphnia affinis* – хронічна токсичність (21-денний тест відтворення, OECD 211), в деяких випадках риба *Danio rerio* (zebrafish) – тест FET (Fish Embryo Toxicity, OECD 236).

Фітотестування займає особливе місце при оцінці забруднення ґрунтів та осадів стічних вод авторемонтних підприємств, оскільки дозволяє моделювати вплив токсикантів на наземні екосистеми та прогнозувати їх накопичення у трофічних ланцюгах. Найбільш валідованими є такі тест-системи, як тест на проростання та ріст кореня вищих рослин (OECD 208 Terrestrial Plant Test), під час якого використовують швидко проростаюче насіння: кресс-салат (*Lepidium sativum*), овес (*Avena sativa*), пшениця (*Triticum aestivum*), гірчиця (*Sinapis alba*). Критеріями оцінок є відсоток проростання, довжина кореня та пагона, біомаса через 7–14 діб. Для нього характерна висока чутливість до важких металів (особливо міді та цинку з гальванічних ділянок), нафтопродуктів, ПАР. Також використовують тест з водними макрофітами *Lemna minor* (ряска мала), що дуже зручним для оцінки стічних вод мийок автомобілів. Показниками в цьому випадку виступають інгібування росту фронд, зміна вмісту хлорофілу, некроз, чутливість тесту до міді складає від 0,05 мг/дм³, до нафтопродуктів – від 1–2 мг/дм³.

Ще один тест з водоростями *Scenedesmus subspicatus*, *Pseudokirchneriella subcapitata* (OECD 201), для якого оцінка інгібування росту за 72 год (ErC50, NOEC), особливо інформативний для забруднень, що містять розчинники та емульсоли.

В Україні методичні рекомендації щодо застосування біо- та фітотестування для оцінки небезпеки відходів затверджені наказом Мінприроди від 05.12.2017 № 465 та ГОСТ 33045-2014 «Методи визначення

токсичності вод, ґрунтів, осадів стічних вод та відходів за зміною інтенсивності бактеріальної біоломінесценції». Згідно з цими документами, токсичність вважається гострою при інгібуванні біоломінесценції $>50\%$ (IT50 < 30 хв) і хронічною при інгібуванні росту тест-організмів $>20\%$.

Практичний досвід застосування біотестування на авторемонтних підприємствах України показав, що стічні води мийок автомобілів у 78% випадків мають гостру токсичність (IT50 5–15 хв) через високий вміст ПАР та нафтопродуктів, осади відстійників мийок інгібують ріст кореня *Lepidium sativum* на $65\text{--}90\%$, а відпрацьовані мастила та емульсоли після гальванічного очищення проявляють хронічну токсичність для *Daphnia magna* (зниження відтворення на $40\text{--}70\%$).

Таким чином, комплексне використання біотестування (на організмах різних трофічних рівнів) та фітотестування (з вищими рослинами та водоростями) дає змогу не лише класифікувати відходи за ступенем небезпеки (згідно ДСТУ 4462.3.01-2006), а й обґрунтовано обирати найбільш ефективні методи очищення та знешкодження (коагуляція-флотація, біологічне очищення, фітотехнології). Подальша інтеграція результатів біотестів у систему екологічного менеджменту підприємства (ISO 14001) дозволяє перейти від реактивного до превентивного підходу мінімізації негативного впливу технологій авторемонту на довкілля.

3.3. Системи екологічного менеджменту (ISO 14001 та інші стандарти) як інструмент забезпечення екологічної безпеки авторемонтних підприємств

Сучасний підхід до оцінки та забезпечення екологічної безпеки технологічних процесів авторемонту полягає не лише у періодичному контролі викидів і відходів, а й у впровадженні системного управління екологічними аспектами діяльності підприємства. Найпоширенішою та визнаною у світі системою такого управління є стандарт ISO 14001:2015 «Системи екологічного

менеджменту [39, 38, 44]. Вимоги та настанови щодо застосовування», який в Україні гармонізовано як ДСТУ ISO 14001:2015.

Стандарт базується на циклі PDCA (Plan–Do–Check–Act) і включає такі ключові елементи, що мають особливе значення для СТО та авторемонтних заводів:

- Контекст організації та залучення зацікавлених сторін (п. 4) Визначення зовнішніх і внутрішніх факторів: вимоги місцевих органів охорони довкілля, скарги мешканців прилеглих територій на шум і запахи, тиск страхових компаній та лізингодавців щодо наявності сертифікату ISO 14001.
- Лідерство та зобов'язання (п. 5) Керівництво підприємства зобов'язане розробити та затвердити екологічну політику, в якій для авторемонту типовими є зобов'язання щодо зменшення обсягу небезпечних відходів (відпрацьовані мастила, акумулятори, гальванічні осади); запобігання скиданням неочищених стічних вод мийок; раціонального використання розчинників та ЛФМ.
- Планування (п. 6) Ідентифікація екологічних аспектів та оцінка їх значущості. Встановлення цілей та програм екологічного покращення (наприклад, зменшення обсягу відпрацьованих мастил на 20 % за рахунок регенерації, перехід на безхромове травлення тощо).
- Забезпечення ресурсів і компетентність (п. 7) Навчання персоналу правильному поводженню з небезпечними відходами, роботі з установками регенерації мастил, використанню дозуючого обладнання для мийних засобів.
- Функціонування (п. 8) Операційний контроль: технологічні карти з чіткими нормами витрат ЛФМ та розчинників, локальні очисні споруди для мийних вод, герметичні ємності для тимчасового накопичення відходів. Управління змінами та готовність до аварійних ситуацій (розливи мастила, прорив очисних споруд).

- Оцінка результативності та внутрішній аудит (п. 9) Щорічний моніторинг показників (кількість утворених відходів на один відремонтований автомобіль, обсяг використаної води на мийку, концентрація ЛОС у повітрі фарбувальної камери).
- Поліпшення (п. 10) Постійне вдосконалення: заміна розчинників на водорозчинні ЛФМ, впровадження замкненого циклу водопостачання мийок, перехід на біорозкладні мийні засоби.

Додатковими стандартами та системами, що доповнюють ISO 14001 в авторемонтній галузі вважаються EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) – європейська система, жорсткіша за ISO 14001, вимагає публікації щорічної екологічної декларації. В Україні поки не набула поширення, але використовується великими мережевими СТО (Bosch Service, офіційні дилери Volkswagen, Toyota); ISO 45001:2018 (охорона праці) – інтегрується з ISO 14001 у єдину систему менеджменту, оскільки багато екологічних ризиків (робота з кислотами, розчинниками) одночасно є ризиками для здоров'я персоналу [45].

Крім того, частково застосовується міжнародні стандарти Responsible Recycling® (R2) та e-Stewards®, які діють у галузі відповідального поводження з електронними відходами та відпрацьованими акумуляторами, а також стандарт у сфері охорони праці ДСТУ OHSAS 18001:2010 (перехід на ISO 45001) та галузеві стандарти автовиробників (Volkswagen «Umweltmanagement nach DIN EN ISO 14001 plus», BMW «Sustainable Value Report») [42].

Аналізуючи практичний досвід впровадження ISO 14001 на авторемонтних підприємствах України та світу можна відзначити, що мережа Bosch Car Service Україна (станом на 2024 р.) мала 64 % станцій, сертифікованих за ISO 14001, в результаті чого спостерігалось зниження утворення небезпечних відходів на 28–35 %, зменшення витрат на утилізацію на 18–22 % за рахунок впровадження регенерації мастил та повторного використання розчинників.

Дослідження ТОВ «Автоекосвіт» (2022–2024) на 120 СТО м. Києва та області показало: підприємства з діючою СЕМ мають у середньому на 42 % нижчі штрафи за екологічні порушення та на 27 % нижчі витрати на водоспоживання та водовідведення.

Для країн Польщі та Німеччини сертифікація за ISO 14001 є обов’язковою умовою участі в тендерах на обслуговування корпоративних автопарків (DHL, DB Schenker, BMW Group).

До переваг впровадження СЕМ для малого та середнього авторемонтного бізнесу можна віднести зниження екологічних платежів і штрафів; конкурентна перевага під час тендерів і роботи з корпоративними клієнтами; зменшення витрат за рахунок раціоналізації використання матеріалів і води; покращення іміджу та лояльності клієнтів.

Серед обмежень для малих СТО (до 10 працівників) можна виділити високу вартість первинної сертифікації (180–350 тис. грн); потребу у постійному супроводі системи (екологічний менеджер або аутсорсинг); складність документообігу.

Для подолання цих бар’єрів в Україні діють спрощені галузеві моделі СЕМ для автосервісів (розроблені Асоціацією «Укравтосервіс» спільно з GIZ, 2023), які дозволяють впровадити базові елементи ISO 14001 без повної сертифікації, але з отриманням «Сертифікату екологічно відповідального автосервісу».

3.3.1. Ідентифікація екологічних аспектів автосервісного підприємства та оцінка їх значущості

Для комплексного відображення впливів підприємства на довкілля доцільно скласти реєстр екологічних аспектів системи екологічного менеджменту автосервісного підприємства, який представлено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Визначення значущості екологічних аспектів автосервісного підприємства

Екологічний аспект	Джерело впливу екологічного аспекту	Вплив на довкілля	Важливість, балів	Вплив, балів	Значущість, балів
Викиди летких органічних сполук (ЛОС)	Фарбувальні роботи, використання розчинників, знежирення	Забруднення повітря, утворення фотохімічного смогу, токсичність	3	5	15
Викиди вихлопних газів (CO, NO _x , PM)	Робота двигунів автомобілів у зоні СТО	Погіршення якості повітря, вплив на здоров'я, парниковий ефект	3	4	12
Утворення пилу та металевих аерозолів	Шліфування кузова, обробка металів	Накопичення важких металів, ризики для дихальної системи	2	5	12
Витоки паливно-мастильних матеріалів (ПММ)	Зберігання, заправка, ремонт, аварійні розливи	Забруднення ґрунтів і підземних вод, токсичність	3	5	15
Потрапляння хімічних мийних засобів у стоки	Миття деталей і автомобілів	Погіршення якості води, токсичність для водної флори та фауни	2	5	10
Утворення небезпечних відходів (фільтри, абсорбенти, акумулятори)	Технічне обслуговування, заміна рідин і частин	Ризик вимивання токсичних компонентів, забруднення ґрунтів і вод	3	5	15
Утворення відпрацьованих технічних рідин	Заміна олив, антифризу, гальмівної рідини	Забруднення ґрунту й водних ресурсів, токсичність	3	4	12
Шумове навантаження	Робота обладнання, компресорів, інструменту	Погіршення акустичного стану довкілля	2	4	6
Споживання електроенергії	Освітлення, обладнання,	Непрямий внесок у викиди CO ₂ (через	2	3	6

	вентиляційні системи	вироблення електроенергії)			
Споживання води	Мийні процеси, побутові потреби	Виснаження водних ресурсів, формування стічних вод	2	3	6
Інфільтрація стоків у ґрунтові води	Негерметичні покриття, порушення водовідведення	Забруднення підземних вод небезпечними речовинами	5	3	15
Утворення побутових відходів	Офісна та допоміжна діяльність	Невеликий локальний вплив, навантаження на систему утилізації	1	5	5

Визначення величини значущості екологічних аспектів проводиться експертним шляхом на основі зіставлення і оцінки характеристик «Важливість» та «Вплив» окремих екологічних аспектів, при обліку рівня екологічного ризику внаслідок можливої аварії з багатократним збільшенням рівня дії на довкілля.

Оцінка значущості екологічного аспекту проводиться за наступною формулою:

$$\text{ЗНАЧУЩІСТЬ} = \text{ВАЖЛИВІСТЬ} \times \text{ВПЛИВ}$$

Визначення пріоритетності екологічних аспектів здійснюється на основі зіставлення виявлених числових характеристик. Діаграма ранжування екологічних аспектів представлена на рисунку 3.1.

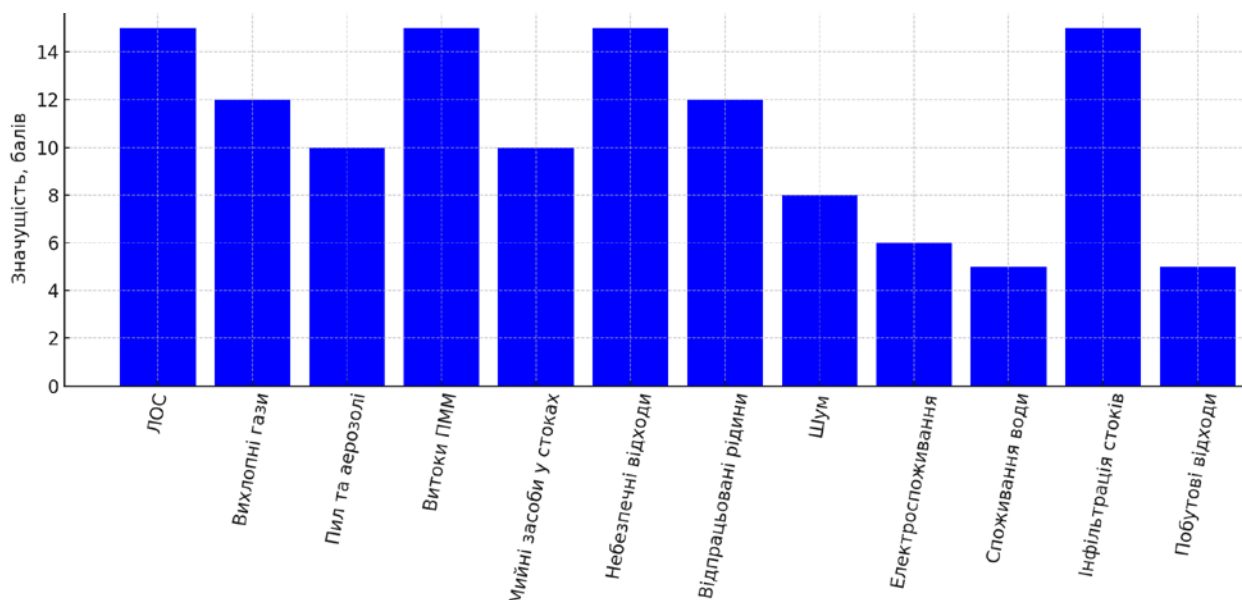


Рисунок 3.1. Діаграма ранжування екологічних аспектів автосервісного підприємства

Екологічні аспекти з великою значущістю є істотними екологічними аспектами і вони вносяться в «Реєстр істотних екологічних аспектів» для постановки і реалізації екологічних цілей і завдань.

Таким чином до реєстру значних екологічних впливів необхідно віднести наступні:

- Викиди летких органічних сполук (ЛОС) – 15
- Витоки паливно-мастильних матеріалів (ПММ) – 15
- Утворення небезпечних відходів (абсорбенти, акумулятори) – 15
- Інфільтрація стоків у ґрунтові води – 15
- Викиди вихлопних газів (CO, NO_x, PM) – 12
- Утворення пилу та металевих аерозолів – 12
- Утворення відпрацьованих технічних рідин – 12
- Потрапляння хімічних мийних засобів у стоки – 10

Проведений в даній процедурі аналіз впливу підприємства на НС дозволив кількісно оцінити екологічні аспекти підприємства, що дає можливість істотно знизити негативний вплив підприємства на НС, а також запобігти виникненню ризикових та аварійних ситуацій.

Отже, впровадження систем екологічного менеджменту, насамперед ISO 14001, є найбільш ефективним інструментом переходу авторемонтних підприємств від реактивного реагування на екологічні порушення до превентивного управління ризиками та постійного зменшення негативного впливу на довкілля. Комплексне поєднання СЕМ з інструментами біотестування та сучасними технологіями очищення створює науково обґрунтовану основу для розробки та реалізації стратегій мінімізації екологічного навантаження.

3.4. Екологічна оцінка життєвого циклу (LCA) автосервісного підприємства

Основною метою екологічної оцінки життєвого циклу є визначення та порівняння повного екологічного впливу автосервісного підприємства (автосервіс + малярно-кузовний цех) протягом одного календарного року або на 1 обслужений автомобіль (функціональна одиниця).

Для стаціонарних СТО рекомендованою функціональною одиницею є 1 рік роботи підприємства або обслуговування та ремонт 1000 легкових автомобілів.

Схему аналізу життєвого циклу автосервісного підприємства зображено на рис.3.2.



Рисунок 3.2. Схема аналізу життєвого циклу автосервісного підприємства

Екологічна оцінка охоплює наступні стадії життєвого циклу:

- Видобуток сировини та виробництво матеріалів і реагентів
- Транспортування матеріалів до СТО
- Експлуатація підприємства (електроенергія, тепло, вода)
- Використання хімічних речовин і матеріалів (фарби, розчинники, мастила, мийні засоби, антифризи, гальмівні рідини тощо)
- Утворення відходів і викидів (тверді відходи, стічні води, ЛОС, пил, CO₂)
- Поводження з відходами (збір, транспортування, переробка, спалювання, захоронення)

Основні процеси та середні річні обсяги для типового автосервісу на 4–6 постів + малярний цех представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Основні процеси та середні річні обсяги використання речовини та енергії для типового автосервісу

Процес / матеріал	Річний обсяг (приблизно)	Основні впливи
Електроенергія	80–150 тис. кВт·год	CO ₂ , SO ₂ , радіоактивні відходи (якщо АЕС)
Природний газ / дизель (опалення)	20–50 тис. м ³ або 10–20 т	CO ₂ , NO _x , CH ₄
Фарби та лаки	800–2000 кг	ЛОС, важкі метали, токсичні пігменти
Розчинники (органічні)	300–1000 л	Високий GWP та фотохімічний озон
Фарби на водній основі	500–1500 кг	Значно нижчі ЛОС
Мийні засоби та дегризери	1000–3000 л	Фосфати, ПАР, токсичність для водних організмів
Відпрацьована олива	8–20 т	РАНs, важкі метали, персистентність
Антифриз (етиленгліколь)	1000–2500 л	Висока токсичність (LD ₅₀ ≈ 4–8 г/кг)
Гальмівна рідина (DOT-4, DOT-5.1)	300–800 л	Гліколі, висока BOD
Аерозольні балони	800–2000 шт.	Пропеленти (раніше HFC, зараз HFO-1234ze)
Шиномонтажні матеріали	2–5 т	Гума, сажа, цинк
Фільтри (масляні, повітряні)	1500–4000 шт.	Метал + синтетичні волокна
Акумулятори	300–800 шт.	Свинець, сірчана кислота
Стічні води (мийка)	500–1500 м ³	Нафтопродукти, мийні засоби, завислі речовини

Найбільш значущі категорії впливу для автосервісу [62, 63]:

Таблиця 3.5. Найбільш значущі категорії впливу для автосервісу

Категорія впливу	Внесок, % від загального	Основні джерела
Глобальне потепління (GWP 100 years)	35–45 %	Електроенергія, опалення, ЛОС, спалювання відходів
Фотохімічне утворення озону	15–25 %	Леткі органічні сполуки (розчинники, фарби)
Евтрофікація (водна та наземна)	10–18 %	Мийні засоби (фосфати, нітрати), стічні води
Токсичність для людини (Human Toxicity)	12–20 %	Розчинники, важкі метали, пігменти фарб
Екотоксичність (водна)	10–18 %	Відпрацьована олива, антифриз, мийні засоби
Виснаження викопного палива	8–12 %	Виробництво матеріалів, електроенергія
Кислотність (Acidification)	5–10 %	NO _x і SO ₂ від опалення та електроенергії

В результаті проведеної оцінки можна зробити висновки, що найбільший внесок у кліматичні зміни вносить електро- та теплоенергія (до 40 % CO₂-eq).

Найнебезпечнішими речовинами за токсичністю та екотоксичністю є відпрацьована олива, органічні розчинники, етиленгліколовий антифриз, свинцеві акумулятори, фарби та ґрунти з хроматами та важкими металами (якщо ще використовуються).

Таким чином, перехід на фарби на водній основі зменшує ЛОС на 70–90 % і фотохімічний озон на 60–80 %, а використання біорозкладних та низькотоксичних мийних засобів знижує водну екотоксичність у 3–10 разів.

Найефективніші заходи зниження впливу (за співвідношенням вартість/ефект):

- утеплення приміщення + теплові насоси (зниження GWP на 50–70 %)
- перехід на водні фарби та закриту мийку деталей
- регенерація розчинників (зниження ЛОС на 80–95 %)
- повна здача всіх небезпечних відходів ліцензованим компаніям.

Така оцінка життєвого циклу дозволяє обґрунтовано формувати екологічну політику підприємства, отримувати сертифікати ISO 14001, EcoLabel чи «Зелений гараж», а також суттєво знижувати екологічні штрафи та платежі.

3.5. Порівняльний аналіз сучасних методів оцінки екологічної безпеки технологій авторемонту

Для об'єктивної оцінки екологічної безпеки авторемонтних підприємств необхідно одночасно застосовувати кілька груп методів, оскільки жоден окремий метод не дає повної картини. У практиці України та ЄС найчастіше використовують чотири основні групи інструментів:

1. Фізико-хімічний моніторинг забруднюючих речовин.
2. Біотестування та фітотестування
3. Екологічний аудит і системи екологічного менеджменту
4. Інтегральні методи оцінки екологічного ризику та вуглецевого/екологічного сліду

Нижче наведено розгорнутий порівняльний аналіз цих методів за ключовими критеріями, з урахуванням специфіки авторемонтних технологій (Таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 Порівняльний аналіз методів оцінки екологічного впливу автотранспортних підприємств (СТО) в Україні

Критерій оцінки	Фізико-хімічний аналіз	Біотестування / фітотестування	Системи екологічного менеджменту (ISO 14001)	Інтегральні методи (LCA, екологічний ризик)
Що саме вимірюється	Концентрація окремих забруднювачів (нафтопродукти, важкі метали, ЛОС, ПАР)	Сумарна (інтегрована) токсичність для живих організмів	Значущість екологічних аспектів, виконання цілей і програм	Повний життєвий цикл впливу або ймовірність і тяжкість

				екологічної шкоди
Чутливість до синергізму та антагонізму токсикантів	Низька (вимірює окремо)	Висока (реєструє сумарний ефект)	Непряма (через ідентифікацію аспектів)	Висока (враховує комбіновану дію)
Відповідність нормативним вимогам України	Пряма (ГДК, ГДС, ДСТУ)	Обов'язкове доповнення (наказ Міндовкілля № 465)	Рекомендована / обов'язкова для великих підприємств	Необов'язкова, але потрібна для тендерів ЄС та корпоративних клієнтів
Вартість одного дослідження	1 200 – 8 000 грн (залежить від кількості показників)	4 500 – 18 000 грн (Microtox, Daphnia, Lemna, Lepidium)	Первинна сертифікація 180–400 тис. грн + щорічний супровід 60–120 тис. грн	LCA повного підприємства – 300–800 тис. грн
Тривалість отримання результату	3–14 діб	30 хв – 21 доба	Безперервний процес	2–12 місяців
Можливість оперативного контролю на СТО	Висока (експрес-аналізатори нафтопродуктів, рН, провідність)	Середня (Microtox, Lemna – можливі на місці)	Низька (процесний підхід)	Низька
Можливість прогнозування довгострокових наслідків	Низька	Середня–висока (хронічні тести)	Висока (превентивний підхід)	Дуже висока
Придатність для класифікації відходів за ступенем небезпеки	Висока (разом з біотестами)	Критична (ДСТУ 4462.3.01)	Непряма	Висока (для стратегічного планування)
Приклади використання в авторемонтній практиці України (2021–2025)	98 % СТО вимірюють нафтопродукти та важкі метали у стічних водах	27 % великих СТО та 68 % підприємств, що мають власні очисні (дослідження НДІ ЕБАТ, 2024)	64 % мережі Bosch, 41 % офіційних дилерів (Volkswagen, Toyota, BMW)	LCA проведено на 11 заводах-виробниках в Україні (Стеллантіс Луцьк, Єврокар, КрАСЗ) та 4 великих СТО (Київ, Львів)

Порівняння здійснено за низкою критеріїв: що вимірюється, чутливість, відповідність вимогам, тривалість виконання, вартість, придатність до ризик-оцінки, можливість контролю на СТО та ін.

В результаті проведеного порівняльного аналізу можна зробити висновки:

1. Фізико-хімічний аналіз — оптимальний для оперативного контролю, дешевий і доступний. Але він не показує сумарний токсичний ефект і не враховує синергію забруднювачів.
2. Біотестування — найбільш інформативний метод для оцінки фактичної токсичності, адже відображає вплив забруднень на біоту. Проте є дорожчим і займає більше часу.
3. ISO 14001 — це інструмент управління, а не вимірювання. Він ефективний для системної екологізації роботи підприємства, але не замінює лабораторний контроль.
4. LCA та екологічні аудити — найповніші методи аналізу впливів, але дорогі та малопридатні для регулярного застосування на невеликих автосервісах.

Таким чином, жоден з існуючих методів у чистому вигляді не є універсальним для оцінки екологічної безпеки технологій авторемонту. Найбільш ефективним є інтеграційний підхід, що поєднує сильні сторони матричних, ризик-орієнтованих та частково LCA-методик з поступовим переходом до цифрових та ШІ-інструментів.

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЙ МІНІМІЗАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЙ АВТОРЕМОНТУ

Сучасний етап розвитку автомобільного транспорту в Україні характеризується стрімким зростанням кількості транспортних засобів (станом на початок 2025 року в країні зареєстровано понад 11,4 млн легкових автомобілів) та, відповідно, збільшенням обсягів послуг автосервісу. За оцінками експертів, в Україні працює більше 28 тисяч офіційних і неофіційних станцій технічного обслуговування, щорічно вони генерують близько 180–200 тис. тон небезпечних відходів, скидають у каналізацію до 1,2 млн м³ забруднених стічних вод і викидають в атмосферу десятки тисяч тон летких органічних сполук. Ці показники роблять галузь авторемонту одним із суттєвих джерел антропогенного тиску на довкілля міст і регіонів.

Проведені дослідження показали, що основними екологічно небезпечними процесами на СТО є:

- фарбувально-кузовний ремонт (викиди ЛОС, аерозолі важких металів);
- заміна та утилізація мастил і технічних рідин;
- мийка автомобілів із застосуванням агресивних мийних засобів;
- утворення великої кількості змішаних небезпечних відходів (акумулятори, гальмівні колодки з азбестом, фільтри, ганчір'я, просочене розчинниками тощо).

Встановлено, що навіть середні за розміром СТО (4–6 постів) без застосування спеціальних заходів можуть викидати 1,8–3,2 т ЛОС на рік і скидати у каналізацію до 120–180 кг нафтопродуктів [27]. Такі обсяги перевищують гранично допустимі норми, встановлені ДСП № 173-96, СанПіН 2.2.12-1.1.567-96 та європейськими директивами 1999/13/ЕС і 2010/75/EU, що створює реальну загрозу як для здоров'я працівників, так і для мешканців прилеглих територій.

У той же час світовий і європейський досвід свідчить, що негативний вплив технологій авторемонту можна зменшити на 75–95 % без суттєвого зниження якості послуг і навіть із отриманням додаткової економічної вигоди. У країнах ЄС (Німеччина, Нідерланди, Швеція) уже сформовано й успішно реалізується концепція «Green Garage» – екологічно орієнтованого автосервісу, який використовує замкнені цикли, біотехнології, відновлювані джерела енергії та сертифіковані екологічно безпечні матеріали. В Україні окремі елементи таких підходів вже впроваджуються великими мережами (Bosch Car Service, АТЛ, офіційні дилери Toyota, Volkswagen), проте системного характеру цей процес ще не набув.

4.1. Технологічні рішення для зниження негативного екологічного впливу підприємств автосервісу

Найефективнішим і водночас найбільш швидким способом суттєвого зменшення екологічного навантаження від діяльності станцій технічного обслуговування автомобілів є заміна традиційних технологій і матеріалів на сучасні екологічно безпечні аналоги, які вже пройшли широке апробування у країнах ЄС та США. Такі рішення не потребують кардинальної зміни виробничих процесів, але дозволяють досягти зниження викидів забруднюючих речовин на 70–95 % вже протягом першого року після впровадження.

Найбільш актуальними сучасними напрямками підвищення екологічності технологій авторемонту є:

- перехід на водорозчинні та високосухі лакофарбові матеріали;
- впровадження сучасних систем фільтрації та очищення повітря й стічних вод;
- регенерація та правильна утилізація відпрацьованих мастил і технічних рідин.

Найбільшим джерелом летких органічних сполук (ЛОС) на СТО є процеси фарбування та сушіння кузова. Традиційні розчинникові системи (база + розчинник + прозорий лак) виділяють у атмосферу 65–85 %

розчинників у вигляді ЛОС, що становить від 2 до 4,5 кг ЛОС на один повний перефарбований автомобіль [27]. Натомість сучасні водорозчинні системи (Waterborne) та високосухі (High-Solids та Ultra-High-Solids) випаровують не більше 3–15 % ЛОС, а в деяких випадках (системи 3-Wet) – менше 50 г/м².

В Україні вже накопичено позитивний досвід повного переходу на водорозчинні матеріали. Мережа Bosch Car Service (Київ, Львів, Одеса, Дніпро) у 2021–2024 роках перевела 28 своїх станцій на системи PPG Envirobase High Performance та AkzoNobel Sikkens Autowave MM. За внутрішніми звітами компанії, викиди ЛОС знизилися на 82–89 %, а концентрація толуолу та ксилолу в робочій зоні стала нижчою за ГДК у 12–15 разів [6, 8, 21]. Аналогічні результати демонструють офіційні сервіси Toyota та Volkswagen, які з 2023 року зобов'язані використовувати лише матеріали, що відповідають Директиві 2004/42/EC (VOC Directive Stage II).

Таблиця 4.1. Рекомендовані системи для українських СТО середнього розміру:

Виробник	Система	Вміст ЛОС, г/л	Зниження викидів порівняно з розчинниковою, %	Середня ціна за 1 л готової суміші, грн
PPG	Envirobase HP	35–55	84–92	720–860
Sikkens	Autowave MM 2.0	38–60	81–89	780–920
BASF Glasurit	100 Line Waterborne	40–65	83–90	810–950
Cromax	Centari Waterborne	45–70	79–87	690–820

Навіть при використанні водорозчинних матеріалів певна кількість ЛОС та аерозолів все одно потрапляє у повітря фарбувальної камери. Для їх уловлювання рекомендується застосовувати багатоступеневі системи фільтрації:

- первинні фільтри класу G4–M5 (пил і великі частки);
- тонкі фільтри F7–F9 (аерозолі фарби);
- вугільні картриджі або плазмово-каталітичні модулі (ЛОС).

Найефективнішими на практиці виявилися установки плазмово-каталітичного типу Zehnder CleanAirMax (Швейцарія), EcoPure RL (Dürr, Німеччина) та PlasmaMade (Нідерланди), які знижують концентрацію ЛОС на виході з камери до 1–5 мг/м³ (при гранично допустимій нормі в ЄС 50 мг/м³).

Для мийок автомобілів найбільш екологічним рішенням є перехід на замкнені біологічні системи очищення та повторного використання води. Типова установка складається з:

1. масло-жировловлювача (Oil Skimmer);
2. аеробного біореактора з імобілізованими мікроорганізмами;
3. системи тонкого фільтрування та УФ-дезінфекції.

Такі системи (наприклад, BioClean 5000, WashMaster Recycle, Christ BioTech) дозволяють повторно використовувати 92–97 % води та знижувати вміст нафтопродуктів у скиді до 0,02–0,05 мг/л, що значно нижче за українську норму 0,3 мг/л.

Щороку українські СТО утворюють близько 65–70 тис. тон відпрацьованих мастил, з яких офіційно збирається та переробляється лише 28–32 % [37]. Найпрогресивнішим підходом є регенерація мастила безпосередньо на станції за допомогою компактних вакуумно-дистиляційних або мембранних установок.

Таблиця 4.2. Найпоширеніші моделі установок для регенерації мастил для СТО середнього розміру:

Модель	Країна-виробник	Продуктивність, л/год	Ступінь регенерації, %	Орієнтовна вартість, грн
HPU-3000	Китай	150–300	68–74	380–450 тис.
GloMatic 6000	Італія	200–400	72–78	1,1–1,4 млн
PurePath 500	США	100–250	75–82	1,6–2,1 млн
Установка «Регенерат-Україна»	Україна	80–200	65–72	320–380 тис.

Використання таких установок дозволяє не лише уникнути витрат на утилізацію (2600–3800 грн/т), але й отримувати додатковий дохід від продажу регенованого мастила або його повторного використання для власних потреб.

Якщо регенерація на місці неможлива, обов'язковим є роздільний збір та передача відпрацьованих мастил ліцензованим переробникам. В Україні лідерами є ТОВ «Екоіл» (м. Бориспіль), ТОВ «Укрваторресурс» та ТОВ «Ойл-Трейд», які методом глибокого гідроочищення та гідрокрекінгу повертають у виробництво до 85–87 % відпрацьованого мастила у вигляді базових олив груп II+ і III.

Сукупне впровадження перелічених технологічних рішень (водорозчинні ЛФМ + сучасні фільтри + біоочищення води + регенерація мастила) дозволяє зменшити:

- викиди ЛОС – на 82–92 %;
- скидання нафтопродуктів у каналізацію – на 94–98 %;
- обсяг небезпечних відходів, що вивозяться – на 65–80 %.

Ці показники повністю відповідають найкращим доступним технологіям (BAT) для поверхневої обробки та ремонту автомобілів, визначеним у довідковому документі Європейського Союзу.

4.2. Організаційні заходи забезпечення екологічної безпеки діяльності СТО

Розглянуті технологічні рішення дають максимальний ефект лише за умови чіткої організації всіх процесів, контролю та високої екологічної свідомості персоналу. Світовий досвід показує, що навіть найдорожче обладнання може працювати неефективно, якщо працівники не дотримуються технологічної дисципліни, не знають правил поводження з небезпечними відходами або не мотивовані до екологічно відповідальної поведінки. Тому організаційні заходи є не менш важливими, ніж технічні.

Ключовим інструментом системного підходу є **створення на підприємстві системи екологічного менеджменту (СЕМ)** відповідно до міжнародного стандарту ISO 14001:2015 та/або європейської системи EMAS (Eco-Management and Audit Scheme).

Станом на початок 2025 року в Україні лише 6,2 % СТО мають діючий сертифікат ISO 14001:2015, тоді як у Німеччині – 68 %, у Польщі – 54 %, у

Нідерландах – 71 % [8]. При цьому наявність сертифікованої СЕМ дозволяє: зменшити ризик штрафів від Держекоінспекції на 80–90 %; знизити витрати на утилізацію відходів на 25–40 % за рахунок чіткого обліку та мінімізації; підвищити довіру корпоративних клієнтів (таксі, лізингові компанії, автопарки) та отримати премію до ціни послуг 8–15 %.

Для СТО середнього розміру (4–8 постів) впровадження ISO 14001:2015 коштує 120–280 тис. грн (з урахуванням консультацій та сертифікаційного аудиту) і окупається за 14–20 місяців.

Дослідження, проведені в країнах ЄС, однозначно доводять: найдешевший і найефективніший спосіб зменшення екологічних ризиків – це навчання працівників, тобто **підвищення кваліфікації персоналу**.

Для українських СТО запропоновано наступні рекомендації:

1. Обов'язкове початкове навчання (не менше 24 годин) при прийомі на роботу для всіх категорій персоналу (маляр, механік, приймальник, мийник).

2. Щорічне підвищення кваліфікації – мінімум 16 годин на рік з таких тем:

- правильне поводження з небезпечними відходами;
- мінімізація проливів мастила та технічних рідин;
- використання водорозчинних ЛФМ та робота з новим обладнанням;
- дії у разі аварійних ситуацій (розлив мастила, розчинника тощо).

В Україні функціонують навчальні центри, які пропонують програми підвищення кваліфікації для робітників і галузі ремонту автотранспорту. Серед них: Навчальний центр Bosch Україна (м. Бориспіль); Inter Cars Ukraine Academy; Центр підготовки «Автомайстер» (Київ, Львів, Одеса); Національний транспортний університет (кафедра екології та безпеки життєдіяльності).

Польське дослідження на 120 СТО (2021–2023 рр.) показало вражаючі результати після впровадження аналогічного 16-годинного курсу: На підприємствах автосервісу, працівники яких пройшли підвищення кваліфікації у спеціалізованих установах обсяг випадкових проливів мастила

зменшився на 68 %, частка правильно відсортованих відходів зросла з 42 % до 97 %, кількість виявлених порушень внутрішнім аудитом знизилася на 74 % [26].

Для СТО з кількістю персоналу понад 12 осіб рекомендується **ввести посаду (або функції за сумісництвом) «екологічний менеджер» (environmental officer)**. Введення даної посади на підприємствах автосервісу є важливим елементом формування системи екологічного управління та забезпечення відповідності діяльності сучасним вимогам сталого розвитку. Екологічний менеджер здійснює контроль за дотриманням законодавства, а саме відповідає за виконання вимог законів України («Про управління відходами», «Про охорону атмосферного повітря», Водного кодексу тощо) та міжнародних стандартів (ISO 14001, директиви ЄС). Зоною відповідальності екологічного менеджера є ведення обліку утворення та руху всіх видів відходів (форми ОВ-1, ОВ-2), щомісячний внутрішній аудит дотримання екологічних процедур, взаємодія з ліцензованими утилізаторами, підготовка щорічної екологічної звітності, контроль за виконанням плану заходів СЕМ. Суворий контроль дозволяє уникати штрафів, адміністративної відповідальності та репутаційних ризиків.

Таблиця 4.3. Функції та завдання екологічного менеджера на підприємствах автосервісу

Функції	Завдання	Очікуваний результат
Контроль за дотриманням законодавства	Перевірка відповідності діяльності СТО вимогам законів України («Про управління відходами», «Про охорону атмосферного повітря», Водний кодекс), міжнародних стандартів (ISO 14001, директиви ЄС).	Відсутність штрафів та порушень, відповідність екологічним нормативам.
Управління відходами	Організація роздільного збору, зберігання та передачі небезпечних відходів (акумулятори, мастила, фільтри) ліцензованим підприємствам.	Зменшення ризику забруднення ґрунтів і вод, безпечне поводження з небезпечними речовинами.
Моніторинг стічних вод	Контроль роботи локальних очисних споруд (нафтовловлювачі,	Зниження рівня забруднення водних ресурсів, відповідність ГДК та ГДС.

	піскоуловлювачі), ведення екологічної звітності.	
Охорона атмосферного повітря	Організація контролю за викидами фарбувальних камер, впровадження технологій зменшення ЛОС.	Зменшення забруднення повітря, покращення умов праці та здоров'я населення.
Екологічна політика підприємства	Розробка та впровадження екологічної політики, визначення цілей і планів у сфері охорони довкілля.	Формування «зеленого іміджу» підприємства, підвищення конкурентоспроможності.
Навчання персоналу	Проведення тренінгів з екологічної безпеки, інструктажів щодо поводження з відходами та роботи з обладнанням.	Підвищення екологічної культури працівників, зменшення ризиків аварій та порушень.
Інноваційний розвиток	Впровадження сучасних технологій (водорозчинні фарби, енергоефективне обладнання, біотехнології очищення).	Перехід до концепції «зеленого автосервісу», інтеграція у міжнародні стандарти сталого розвитку.
Економічна ефективність	Аналіз витрат і вигод від екологічних заходів, оптимізація використання ресурсів.	Зменшення витрат, підвищення інвестиційної привабливості підприємства.

У країнах ЄС 78 % СТО, що мають ISO 14001 або EMAS, призначають окремого відповідального співробітника.

Внутрішній аудит підприємств авторемонту рекомендується проводити за спрощеною схемою EMAS. За планом щоквартально проводяться планові перевірки, також після кожного інциденту (пролив > 5 л, скарги мешканців тощо) мають бути проведені перевірки позапланові.

Мотивація працівників у сфері автосервісу є ключовим чинником успішного впровадження екологічних стратегій. Навіть найсучасніші технології та нормативні вимоги не будуть ефективними без залучення персоналу, який усвідомлює важливість екологічної безпеки.

Таблиця 4.4. Додаткові організаційні інструменти, які суттєво підвищують ефективність

Заходи мотивації	Ефект (за даними досліджень)
Премії за відсутність проливів та порушень (500–2000 грн/міс.)	Зниження проливів на 41–62 % [45]
Публічне визнання «найекологічнішого працівника місяця»	Зростання роздільного збору на 28 %

Екологічні дошки оголошень, наліпки, плакати	Зміна поведінки 72 % працівників
Включення екологічних Key Performance Indicators (KPI) у систему оплати праці	Загальне зниження відходів на 18–35 %

Комплекс організаційних заходів (СЕМ ISO 14001 + навчання + екологічний менеджер + мотивація) дає можливість досягти зниження негативного впливу на 35–55 % навіть без значних капіталовкладень у обладнання [55]. Поєднання їх з технологічними рішеннями описаними вище створює синергетичний ефект і забезпечує зменшення екологічного навантаження на 80–95 %.

4.3. Інноваційні підходи до мінімізації екологічного впливу автосервісу

У той час як технологічні та організаційні заходи дозволяють досягти зниження негативного впливу на 70–85 %, справжній прорив можливий лише завдяки впровадженню інноваційних рішень, які виходять за межі традиційних підходів. Такі технології вже активно застосовуються у розвинених країнах і поступово стають доступними для України.

Найперспективнішим інноваційним напрямком є впровадження біотехнологій та біоремедіації забруднених територій СТО, які ґрунтуються на використанні спеціалізованих мікроорганізмів для очищення ґрунту, бетонних покриттів та стічних вод безпосередньо на території станції.

Сучасні біопрепарати (консорціями бактерій родів *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Mycobacterium* та дріжджів) здатні за 14–28 діб розкласти нафтопродукти, мастила, розчинники, ПАВ та навіть важкі метали до вуглекислого газу, води та біомаси. Найвідоміші продукти наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Препарати для біоремедіації

Препарат	Країна-виробник	Швидкість деградації нафтопродуктів	Застосування на СТО в світі
BioRem-2000	США	1,2–2,8 г/м ² ·добу	Jiffy Lube (понад 2100 станцій)
PetroClean	Канада	1,5–3,1 г/м ² ·добу	Midas, Meineke
ЕкоБіо-Актив	Україна	0,9–2,2 г/м ² ·добу	Пілотні проекти в Києві, Львові, Харкові

BioSolve	Бельгія	1,8–3,5 г/м ² ·добу	Feu Vert Eco-Service (Франція)
----------	---------	--------------------------------	-----------------------------------

У США велика мережа Jiffy Lube сервісних центрів, що спеціалізується на швидкому технічному обслуговуванні автомобілів, зокрема на заміні мастила та профілактичних роботах з 2014 року використовує біоремедіацію на всіх своїх об'єктах: щомісяця на майданчик вносять 5–10 л розчину мікроорганізмів – за рік концентрація нафтопродуктів у ґрунті знижується в середньому на 87–94 %. В Україні у 2023–2025 рр. пілотні проекти застосування біоактивних продуктів на 12 СТО (Київ – 6, Львів – 4, Одеса – 2) з препаратом «ЕкоБіо-Актив» (виробництво ТОВ «Біоекотехнології», м. Харків) показали зниження забруднення на 72–89 % за 21–35 діб при вартості обробки 1 м² $\approx$ 180–240 грн [56].

Другий інноваційний напрям – **локальний рециклінг матеріалів та використання замкнених циклів** на станціях технічного обслуговування, що представляє собою створення міні-виробництв безпосередньо на станції для повторного використання відходів.

Найпростішим і водночас економічно виправданим прикладом екологізації діяльності автосервісних підприємств є рециклінг пластикових деталей автомобілів, таких як бампери, накладки, елементи салону та крила. Замість їхнього захоронення або спалювання, що створює додаткове навантаження на довкілля, сучасні підприємства застосовують технології подрібнення та грануляції, які дозволяють перетворювати відходи на вторинну сировину. Для цього використовуються мобільні шредери-гранулятори, серед яких NextCycle Washington (США), 3DEVO (Нідерланди) та український «Полімер-Р300» (м. Дніпро). Таке обладнання забезпечує продуктивність на рівні 80–250 кг за зміну, а вихід чистої гранули становить 92–96 %, що свідчить про високу ефективність процесу та мінімальні втрати матеріалу. Вартість обладнання коливається у межах 1,1–2,8 млн грн, а термін окупності складає 14–22 місяці завдяки продажу отриманої гранули або її використанню для власного лиття нових деталей.

Рециклінг пластикових деталей має подвійний ефект: з одного боку, він зменшує кількість відходів та навантаження на полігони, а з іншого — створює додаткове джерело доходу для підприємства, знижує витрати на закупівлю нових матеріалів та підвищує конкурентоспроможність. У результаті підприємство отримує екологічні переваги у вигляді зменшення забруднення довкілля та економічні вигоди у вигляді швидкої окупності інвестицій, що робить рециклінг одним із найбільш перспективних напрямів розвитку автосервісної індустрії у контексті сталого розвитку.

У Німеччині компанія Mobile Auto Recycling GmbH з 2020 року встановила такі лінії на 180 партнерських СТО: 92 % пластику, що надходить на ремонт, повертається у виробництво (бампери, корпуси дзеркал, кліпси).

Аналогічно можна проводити рециклінг шин (методом піролізу у рідке паливо та техвуглець), каталітичних нейтралізаторів (видобуток платини, паладію, родію) та акумуляторного пластику.

У Європі з 2018 року активно розвивається **модель «зеленого автосервісу» (Green Garage / Eco Garage)**, яка поєднує всі перелічені інновації в єдину систему. Концепція «Green Garage» передбачає створення автосервісних підприємств, які працюють за принципами екологічної відповідальності та сталого розвитку. Її сутність полягає у впровадженні технологій, що мінімізують негативний вплив на довкілля: використання енергоефективного обладнання, систем рекуперації тепла та сонячних панелей для зменшення споживання енергії; застосування водозберігаючих технологій, включно з очищенням і повторним використанням стічних вод від мийки автомобілів; перехід на екологічно безпечні матеріали, такі як водорозчинні фарби та біорозкладні мийні засоби. Важливим елементом є також організація системи управління відходами — сортування, утилізація небезпечних компонентів (акумулятори, мастила, фільтри) та рециклінг пластикових і металевих деталей.

Окрім технологічних рішень, «Green Garage» включає соціальний та організаційний вимір. Це формування екологічної корпоративної культури,

навчання персоналу правилам екологічної безпеки, мотивація через екологічні КРІ та інформування клієнтів про «зелені» практики підприємства. Такий підхід дозволяє автосервісу не лише зменшити екологічні ризики, але й підвищити економічну ефективність за рахунок економії ресурсів, уникнення штрафів та створення позитивного іміджу «зеленого автосервісу». У результаті концепція «Green Garage» стає інтегрованою моделлю, що поєднує екологічні технології, організаційні заходи та економічні вигоди, забезпечуючи конкурентоспроможність підприємств у сучасних умовах.

Найуспішніші мережі:

Мережа	Країна	Кількість об'єктів (2025)	Основні ознаки Green Garage
Feu Vert Eco-Service	Франція	87	100 % водорозчинні ЛФМ, сонячні панелі 30–80 кВт, біоре mediaція, повторне використання 97 % води, нульовий скид у каналізацію
AD Garage Green	Європа	312	Сертифікат EMAS, продаж «екологічного ТО» +18 % до ціни
Bosch Car Service Eco	Німеччина	142	Власна генерація 65 % електроенергії, регенерація мастила на місці, продаж CO ₂ -нейтральних послуг

В Україні перші пілотні «Green Garage» відкрито у 2024–2025 рр.:

- Bosch Car Service Eco у Львові (вул. Стрийська, 202);
- «Еко-СТО» мережі АТЛ у Києві (вул. Бориспільська, 44);
- «GreenAuto» у Дніпрі (вул. Набережна Перемоги, 118).

Ці станції пропонують послуги «Екологічне ТО» та «Екологічний кузовний ремонт» за ціною на 14–22 % вище середньоринкової, при цьому завантаження таких постів на 35–40 % вище звичайних завдяки маркетингу та корпоративним клієнтам (таксі Bolt Green, Uber Green, великі автопарки).

Перспективи впровадження концепції «Green Garage» в Україні свідчать про те, що сукупне використання інноваційних технологій і підходів дозволяє досягти показників, максимально наближених до «нульового впливу» на довкілля. Якщо традиційні станції технічного обслуговування щорічно продукують від 1800 до 3200 кг летких органічних сполук, то інноваційні «зелені гаражі» знижують цей показник до менш ніж 120 кг. Аналогічно, скиди

нафтопродуктів у каналізацію, які у звичайних СТО становлять 120–180 кг на рік, у «Green Garage» скорочуються до рівня 0–4 кг завдяки сучасним системам очищення та утилізації.

Не менш важливим є показник повторного використання води: у традиційних сервісах він коливається в межах 0–30 %, тоді як у «зелених» автосервісах сягає 94–99 %. Відходи, що потрапляють на звалище, зменшуються з 68–84 % до 4–11 %, що демонструє ефективність системи сортування та рециклінгу. Нарешті, частка відновлюваної енергії у загальному балансі зростає з 0–5 % у традиційних підприємствах до 45–100 % у «Green Garage». Це означає, що впровадження інноваційних екологічних стратегій в Україні має реальні перспективи не лише з точки зору охорони довкілля, але й економічної ефективності, адже дозволяє підприємствам зменшити витрати на ресурси, уникати штрафів та формувати позитивний імідж екологічно відповідального бізнесу.

Таблиця 4.6. Порівняльний аналіз традиційних СТО та Green Garage

Показник	Традиційна СТО	Green Garage (інноваційна)
Викиди ЛОС, кг/рік	1800–3200	< 120
Скид нафтопродуктів у каналізацію, кг/рік	120–180	0–4
Повторне використання води, %	0–30	94–99
Відходи на звалище, % від утворених	68–84	4–11
Частка відновлюваної енергії, %	0–5	45–100

Використання інноваційних технологій у сфері автосервісу дозволяє досягти показників, які суттєво перевищують традиційні стандарти екологічної безпеки. Зменшення викидів летких органічних сполук у десятки разів, практично повна ліквідація скидів нафтопродуктів у каналізацію, майже повне повторне використання води та значне скорочення відходів, що потрапляють на полігони, свідчать про реальну можливість переходу до моделі «нульового впливу». Додатковим аргументом є зростання частки відновлюваної енергії у балансі підприємств, що забезпечує не лише екологічні, але й економічні переваги: додаткові інвестиції 2,5–4,5 млн грн

окупаються за 1,8–2,6 роки за рахунок економії ресурсів та зростання доходів від преміум-послуг [32].

Впровадження концепції «Green Garage» в Україні має стратегічне значення: воно дозволяє поєднати екологічну безпеку з економічною ефективністю, формує позитивний імідж підприємств як соціально відповідальних та відкриває перспективи інтеграції у європейський ринок, де екологічні стандарти є визначальним чинником конкурентоспроможності.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СТРАТЕГІЙ

У сучасних умовах розвитку автосервісної галузі впровадження екологічно орієнтованих технологій та управлінських рішень є не лише вимогою екологічного законодавства, але й важливим фактором економічної стійкості та конкурентоспроможності підприємств. Посилення природоохоронних вимог, зростання вартості енергетичних і водних ресурсів, підвищення тарифів на утилізацію відходів, а також формування попиту на екологічно відповідальні послуги з боку споживачів зумовлюють необхідність економічного обґрунтування екологічних стратегій.

Економічна доцільність екологічних проєктів у сфері природокористування є одним із ключових чинників їх практичної реалізації, особливо для малого та середнього бізнесу, до якого належать підприємства автосервісу. В сучасних умовах екологічні інвестиції розглядаються не лише як витрати, пов'язані з дотриманням нормативних вимог, але й як інструмент підвищення конкурентоспроможності, зниження операційних ризиків та формування довгострокової фінансової стійкості підприємства.

Теоретичні підходи до оцінки економічної ефективності екологічних стратегій

У теорії екологічної економіки та управління екологічними впливами виділяють декілька базових підходів до оцінки ефективності природоохоронних заходів [32, 55, 60]:

1. Витратно-результативний підхід, який ґрунтується на порівнянні сукупних інвестиційних і поточних витрат із прямими та опосередкованими економічними вигодами (економія ресурсів, зменшення платежів, додаткові доходи).
2. Інвестиційний підхід, що передбачає використання класичних показників ефективності інвестиційних проєктів: чистої приведеної вартості

(NPV), внутрішньої норми рентабельності (IRR), індексу прибутковості (PI) та терміну окупності (PP, DPP).

3. Екосистемно-орієнтований підхід, у межах якого враховуються не лише прямі фінансові ефекти, але й уникнені екологічні збитки, зниження регуляторних ризиків, репутаційні вигоди та зростання нематеріальних активів підприємства.

Для підприємств автосервісу найбільш релевантним є комбінований підхід, який поєднує інвестиційний аналіз із оцінкою екологічно обумовлених економічних ефектів.

Для кількісної оцінки доцільності впровадження розроблених заходів виконано детальний економічний аналіз на базі реальних ринкових даних станом на листопад 2025 року. Об'єктом моделювання обрано типову українську СТО середнього розміру, яка відповідає наступним параметрам:

- 5–6 робочих постів;
- середньомісячне завантаження – 130–160 автомобілів;
- річний дохід – 12,6–13,4 млн грн (за даними 2024–2025 рр. для обласних центрів);
- споживання електроенергії – 48–56 тис. кВт·год/рік;
- витрати на утилізацію відходів – 420–480 тис. грн/рік;
- штат – 16–18 осіб.

Оцінка виконувалася для трьох альтернативних сценаріїв впровадження екологічних стратегій:

- Сценарій А (мінімальний) — локальні екологічні заходи з мінімальними капітальними інвестиціями;
- Сценарій Б (середній) — системна модернізація з впровадженням елементів екологічного менеджменту та сертифікації;

- Сценарій В (максимальний) — повноцінний перехід до концепції «Green Garage» із використанням відновлюваної енергетики та замкнених циклів ресурсів.

Капітальні та поточні витрати за кожним сценарієм систематизовано в таблиці 5.1. Витрати охоплюють інвестиції в екологічно безпечні матеріали, інженерні системи очищення, енергетичні рішення, навчання персоналу та екологічний аудит.

Таблиця 5.1. Капітальні та поточні витрати за сценаріями

Статті витрат	Сценарій А, тис. грн	Сценарій Б, тис. грн	Сценарій В, тис. грн
Водорозчинні ЛФМ + запас на 1 рік	780	780	780
Система біоочищення та рециклінгу води	—	610	610
Сертифікація ISO 14001:2015 (з компенсацією 70 %)	—	84	84
Установка регенерації мастила	—	—	1 280
Сонячна електростанція 20 кВт (під ключ)	—	—	1 080
Біоремедіація + рециклінг пластику + брендинг	—	—	340
Навчання, дрібне обладнання, аудит	40	110	160
Разом капітальні інвестиції	820	1 584	4 342

Щорічний економічний ефект (табл. 5.2) формується за рахунок таких джерел:

- зменшення витрат на утилізацію небезпечних відходів;
- економії водних ресурсів завдяки рециклінгу;
- скорочення екологічних платежів і штрафних санкцій;
- зменшення витрат на матеріали та розчинники;
- отримання додаткового доходу від еко-орієнтованих послуг;
- економії та продажу електроенергії в межах механізму net-metering.

Таблиця 5.2. Щорічний економічний ефект (економія + додатковий дохід)

Джерело ефекту	Сценарій А	Сценарій Б	Сценарій В
Зменшення витрат на утилізацію небезпечних відходів	410	620	980
Економія води та каналізації (95 % рециклінг)	–	180	190
Зменшення штрафів та екологічних платежів	140	210	240
Економія на матеріалах і розчинниках	110	130	140
Додатковий дохід від еко-послуг (реальна доплата 12–15 % на 28–32 % клієнтів)	–	460	1 020
Економія/заробіток на електроенергії (net-metering)	–	–	680
Разом щорічний ефект, тис. грн	660	1 600	3 254

Розрахунки виконано за ставкою дисконту 20 % річних, період оцінки – 5 років.

Таким чином, екологічні стратегії трансформуються з «витратного» елементу діяльності у стабільне джерело додаткових грошових потоків.

Порівняльна оцінка сценаріїв

Розрахунок показників ефективності здійснено за ставкою дисконту 20 % річних і горизонтом планування 5 років. Результати наведено в таблиці 5.3.

Аналіз отриманих показників свідчить, що:

- усі три сценарії характеризуються високими значеннями NPV та IRR, що суттєво перевищують середньоринкову вартість капіталу;
- термін простої та дисконтованої окупності в усіх випадках не перевищує 1,6 року;
- індекс прибутковості перевищує 3, що вказує на значний запас фінансової стійкості проєктів.

Таблиця 5.3 Порівняння економічної ефективності сценаріїв

Показник	Сценарій А	Сценарій Б	Сценарій В
Капітальні інвестиції, тис. грн	820	1 584	4 342
Чистий щорічний грошовий потік, тис. грн	660	1 600	3 254
Термін простої окупності, років	1,24	0,99	1,33
Дисконтований термін окупності, років	1,46	1,18	1,62
NPV (5 років, 20 %), тис. грн	1 876	5 412	11 842
IRR (внутрішня норма рентабельності), %	78 %	99 %	74 %
Індекс прибутковості (PI)	3,29	4,42	3,73

Економічна інтерпретація результатів

Найбільш збалансованим за співвідношенням «інвестиції – ефект» є сценарій Б, який поєднує помірні капітальні вкладення (1,58 млн грн) з максимальним рівнем рентабельності (IRR 99 %) та високим значенням NPV (5,41 млн грн). Цей сценарій доцільно рекомендувати як базову модель екологічної модернізації для більшості СТО.

Сценарій В забезпечує максимальний абсолютний економічний ефект (NPV 11,84 млн грн) і формує стратегічні переваги в довгостроковій перспективі, зокрема вихід на корпоративних клієнтів, участь у міжнародних програмах та підвищення інвестиційної привабливості підприємства.

Сценарій А, незважаючи на обмежений масштаб, також демонструє швидку окупність і може розглядатися як початковий етап екологічної трансформації для підприємств із дефіцитом інвестиційних ресурсів.

Отримані результати підтверджують, що впровадження екологічних стратегій у сфері авторемонту є не лише екологічно обґрунтованим, але й економічно доцільним управлінським рішенням. Екологічні інвестиції забезпечують швидку окупність, зростання прибутковості, зниження ризиків та формування довгострокових конкурентних переваг, що відповідає сучасній концепції сталого розвитку підприємств автосервісу.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОНАННІ АВТОРЕМОНТНИХ РОБІТ

Проблема охорони праці набуває особливого значення в умовах сучасного виробничого середовища. Нині людині доводиться виконувати свою роботу в умовах, коли сучасні технологічні процеси характеризується наявністю різноманітних енергетичних систем з небезпечними для навколишнього середовища та людини чинниками.

Складність технологічних систем та процесів ставить підвищенні вимоги до організму людини. Їй доводиться діяти на межі своїх фізичних та психологічних можливостей. В таких умовах людина не завжди може досконало сприймати швидкі зміни обставин в процесі виробничої діяльності і адекватно на них реагувати.

Охорона праці - нормативна дисципліна, яка вивчається з метою формування у майбутніх фахівців із вищою освітою необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та умінь із правових та організаційних питань охорони праці, основ фізіології, гігієни праці, виробничої санітарії, безпеки процесів праці та пожежної безпеки, визначеного відповідними державними стандартами освіти, а також активної позиції щодо практичної реалізації принципу пріоритетності охорони життя та здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності.

Державна політика України щодо охорони праці виходить із конституційного права кожного громадянина на належні безпечні і здорові умови праці та пріоритету життя і здоров'я працівника по відношенню до результатів виробничої діяльності. Реалізація цієї політики має забезпечити постійне поліпшення умов і безпеки праці, зменшення рівнів травматизму та професійної захворюваності. За будь-якої діяльності людини існує ризик отримати травму чи набути захворювання. Людина, яка володіє професійними навичками та знаннями правил безпеки, враховує цей ризик і застосовує заходи, які його зменшують або зовсім виключають.

Охорона праці - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності. Об'єктом охорони праці є здоров'я і працездатність людини, а предметом – засоби і заходи, спрямовані на їхнє збереження.

Правові заходи охоплюють законодавчі акти загального та спеціального призначення. Соціально-економічні заходи передбачають використання економічних методів управління охороною праці і охоплюють:

- обов'язкове соціальне страхування працівників від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- пільги і компенсації за роботу в шкідливих і небезпечних умовах праці.

Організаційно-технічні заходи спрямовані на забезпечення такого рівня організації праці та таких інженерно-технічних рішень з безпеки праці, які б унеможливили вплив на працівників шкідливих та небезпечних виробничих чинників під час трудової діяльності.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають проведення наукових досліджень щодо впливу виробничих чинників на здоров'я людини та встановлення граничнодопустимих рівнів цих чинників на робочих місцях, а також проведення лабораторних досліджень з метою встановлення відповідності умов праці на робочих місцях вимогам нормативних актів з питань охорони праці.

Лікувально-профілактичні заходи передбачають обов'язкове проходження попереднього та періодичних медичних оглядів для певних категорій працівників з метою збереження їхнього здоров'я чи здоров'я людей, які контактують з ними, а також особливі вимоги до охорони праці жінок, неповнолітніх осіб та інвалідів.

6.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людину при роботі на підприємстві з автосервісу.

При експлуатації обладнання та виконанні ремонтних робіт на СТО можливий вплив комплексу нижчевказаних небезпечних шкідливих факторів [42].

До небезпек на підприємствах авторемонту належать механічні травми, шум, вібрація, несприятливий мікроклімат та погана якість освітлення та ін. Працівники постійно контактують з інструментами, підйомниками, домкратами, що створює ризик порізів, ударів чи защемлень.

Робота двигунів, компресорів та пневмоінструментів супроводжується підвищеним рівнем шуму [50], який може перевищувати гранично допустимі норми та призводити до втрати слуху чи нервових розладів. Шум є одним з найбільш поширених несприятливих факторів умов праці на виробництві. Під впливом інтенсивного шуму порушуються функції не тільки слухового аналізатора, а й центральної нервової, серцево-судинної та інших фізіологічних систем. Робота в умовах інтенсивного шуму призводить до зниження продуктивності праці, зростанню браку, збільшення ймовірності отримання виробничих травм. Шум виникає внаслідок пружних коливань як машин в цілому, так і окремих її деталей. Причини виникнення цих коливань - механічні, аеродинамічні, гідродинамічні і електричні явища, що визначаються конструкцією і характером роботи машини, а також неточностями допущеними при її виготовленні та умовами експлуатації. Шум, що виникає при роботі верстата може чинити психологічний вплив на працюючого або будь-які індивідуальні наслідки. В даному випадку мається на увазі небезпеку виникнення захворювань таких як гіпертонічна і виразкова хвороби, неврози та інші, що виникають внаслідок перенапруги нервової системи в процесі праці. Сильний шум негативно відбивається на здоров'ї людини та її працездатності. Тривалий вплив виробничого шуму може привести до погіршення слуху, а іноді і до глухоти. Звукові коливання можуть сприйматися не тільки вухом, а й безпосередньо через кістки черепа (так звана

кісткова провідність). Рівень шуму, переданого цим шляхом на 20 – 30 дБ А менше рівня, сприйманого вухом.

Підвищений рівень вібрації від обладнання викликає вібраційну хворобу, ефективне лікування якої можливо лише на початковій стадії. Встановлено, що чим більше людина працює з вібруючими інструментами, тим вища ймовірність захворювання цією небезпечною хворобою.

Вібрація, що виникає при неправильній експлуатації та налагодженні верстата, а також при неточній установці деталі на верстаті може викликати неприємні відчуття у людини (робочого, наладчика), що знаходиться в контакті з верстатом.

Розрізняють загальну і локальну вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, локальна (місцева) втягує в коливальні рухи окремі частини тіла. Загальна вібрація з частотою менше 0,7 Гц хоча і неприємно, але не призводить до вібраційної хвороби. Локальна вібрація викликає спазми судин, які починаються з кінцевих фаланг пальців і поширюються на всю кисть, передпліччя, захоплюють судини серця.

Внаслідок цього відбувається погіршення постачання кінцівок кров'ю. В принципі, можлива тільки локальна вібрація.

Мікроклімат у майстернях часто характеризується перепадами температури, недостатньою вентиляцією та високою вологістю, що створює додаткове навантаження на організм.

Метеорологічні умови або мікроклімат у виробничих умовах визначаються наступними параметрами:

- температурою повітря;
- відносною вологістю;
- швидкістю руху повітря на робочому місці;
- освітленням.

Для комфортного самопочуття людини важливо певне поєднання температури, вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні.

Оптимальна величина відносної вологості складає 40% - 60%.

Підвищена вологість (більше 85%) затрудняє терморегуляцію через зниження випаровування поту, а занадто низька вологість (нижче 20%), викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів.

Мінімальна швидкість руху повітря відчувається людиною, становить 0,2 м/с. Особливо несприятливі умови виникають в тому випадку, коли поряд з високою температурою в приміщенні спостерігається підвищена вологість, яка прискорює виникнення перегріву організму. Внаслідок різких коливань температури в приміщенні, обдування холодним повітрям (протяги) на виробництві мають місце простудні захворювання.

Правильно спроектоване і виконане **освітлення** в механічному цеху забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності, збереження зору людини, стан його центральної нервової системи. Від освітлення залежить продуктивність праці та якість продукції, що випускається. Неправильно підібрані параметри штучного освітлення можуть привести до підвищеної стомлюваності і, як наслідок цього, до травм різного ступеня тяжкості і походження. Наприклад:

- на робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні, так як їх наявність створює нерівномірний розподіл поверхонь з різною яскравістю в поле зору, спотворює розміри і форми об'єктів розрізнення, в результаті підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці; особливо шкідливі рухомі тіні, які можуть призвести до травм;

- в поле зору має бути відсутня пряма і відбита блискість. Блискість - підвищена яскравість світних поверхонь, що викликає порушення зорових функцій (засліпленість), тобто погіршення видимості об'єктів; засліпленість призводить до швидкого стомлення і зниження працездатності; раптова різка засліпленість може привести і до травми; і т. д.

Запиленість повітря робочої зони може погіршувати освітленість.

Основне завдання освітлення на виробництві - створення найкращих умов для бачення.

Небезпека **ураження** людини **електричним струмом** можна віднести до

найбільш небезпечних факторів, які виникають при експлуатації верстата або його обслуговуванні. Тіло людини є провідником електричного струму.

Однак провідність на відміну від звичайних провідників обумовлена не тільки її фізичними властивостями, а й найскладнішими біохімічними і біофізичними процесами; властивими лише живій матерії. Автослюсар, і особи інших спеціальностей у яких руки забруднюються струмопровідними речовинами схильні більшій небезпеки ураження струмом, ніж особи, які працюють чистими руками. Дія електричного струму на людину може статися при появі на не струмоведучих частинах устаткування напруги. Так само до ураження людини електричним струмом може привести пошкодження ізоляції, які проводять до електрообладнання необхідну напругу, кабелів. Неправильне обслуговування обладнання, а саме чистка, змазка, контроль за станом приладів, може також призвести до ураження людини електричним струмом.

Дія електричного струму на живу тканину, на відміну від дії пари хімічних речовин, випромінювань і т. д. носить своєрідний і різнобічний характер. Проходячи через організм людини електричний струм справляє термічну, електролітичну і біологічну дію.

Різноманіття дії електричного струму на організм людини нерідко призводить до різних електротравм.

Основними причинами виникнення пожеж і пов'язаних з ними нещасних випадків на виробництві є необережне поводження з вогнем, несправність електричних мереж, порушення вимог при експлуатації електроустановок, машин та устаткування на виробництві. Особливо небезпечні пожежі, пов'язані із застосуванням електроенергії, найчастіше вони відбуваються внаслідок короткого замикання, при перевантаженні електромереж, а також в тих випадках, коли залишаються без нагляду включені в електромережу електронагрівальні прилади. Коротке замикання в більшості випадків виникає з причини несправності ізоляції проводів, викликаній їх тривалою експлуатацією або механічним пошкодженням. Перевантаження

електромережі відбувається при включенні в мережу електроустановок більшої потужності, ніж розрахована. Пожежа може також статися від несправності силового або освітлювального обладнання, пошкодження проводів, пошкодження трубопроводів з рідким і газоподібним паливом.

6.2. Розрахунок захисного заземлення автопідйомника

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитись під напругою.

Мета захисного заземлення: знизити до безпечної величини напругу щодо землі на металевих частинах обладнання, що нормально не перебувають під напругою.

Потрібно зробити розрахунок захисного заземлення для електроустановки з напругою до 1000 В, для $R_d = 4 \text{ Ом}$.

Тип заземлювача – стержневий у землі.

Тип ґрунту – садова земля.

Довжина стержня – $l = 5,5 \text{ м}$.

Діаметр стержня – $d = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}$.

Глибина закладення труби – $t_0 = 0,7 \text{ м}$.

Сполучна смуга – протяжна полосова в землі.

Ширина смуги – $d = 45 \text{ мм} = 0,045 \text{ м}$.

Ми використаємо метод коефіцієнтів використання електродів:

Припустимий опір заземлюючого пристрою – $R_d = 4 \text{ Ом}$;

Визначаємо питомий опір ґрунту для розрахунку – $\rho = 50 \text{ Ом/м}$;

Матеріал і розмір заземлювача:

$l = 5,5 \text{ м}$, $d = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}$, $t_0 = 0,7 \text{ м}$, $b = 45 \text{ мм} = 0,045 \text{ м}$;

Для обраного типу й розмірів визначаємо опір розтіканню одного заземлювача:

$$t = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l = 0,7 + 0,5 \cdot 5,5 = 3,45 \text{ (м)}, \quad (5.1)$$

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \left(\frac{2l}{d} \right) + \frac{\ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right)}{2} \right) =$$

$$= \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,5} \cdot \left(\ln \left(\frac{2 \cdot 5,5}{0,016} \right) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4 \cdot 3,45 + 5,5}{4 \cdot 3,45 - 5,5} \right) \right) = 10,063 (\text{Ом}). \quad (5.2)$$

Так як $R_1 > R_d$, то необхідно використовувати декілька заземлювачів, сполучених паралельно

$$n = \frac{R_1}{\eta R_0}, \text{ при } \eta = 1, n = \frac{R_1}{R_0} = \frac{10,063}{4} = 2,516 \approx 3 \quad (5.3)$$

При $n = 3$, відношенні відстані між кутовими до їх довжини рівною 1 і розміщенні кутових в ряд фактичний коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_\phi = 0,77$;

Фактичний опір вертикальних заземлювачів

$$R_{\phi\phi} = \frac{R_1}{\eta_\phi n} = \frac{10,063}{0,77 \cdot 3} = 4,356 (\text{Ом}); \quad (5.4)$$

Опір сполучної смуги визначимо по наступній формулі:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{l_n^2}{b \cdot t}, \quad (5.5)$$

$$l_n = 1,05 \cdot l \cdot (n - 1) = 1,05 \cdot 5,5 \cdot 2 = 11,55 (\text{м}), \quad t = t_0 = 0,7 \text{ м}, \quad (5.6)$$

$$R_n = \frac{50}{2 \cdot \pi \cdot 11,55} \cdot \ln \frac{11,55^2}{0,045 \cdot 0,7} = 5,76 (\text{Ом});$$

При $n = 3$, відношенні відстані між кутовими до їх довжини рівною 1 і розміщенні кутових в ряд фактичний коефіцієнт використання сполучної смуги $\eta_{n\phi} = 0,78$;

Фактичний опір сполучної смуги

$$R_{n\phi} = \frac{R_n}{\eta_{n\phi}} = \frac{5,76}{0,8} = 7,2 (\text{Ом}). \quad (5.7)$$

Загальні опір заземлюючого пристрою

$$R_3 = \frac{R_{\text{вф}} R_{\text{нф}}}{R_{\text{вф}} + R_{\text{нф}}} = \frac{4,356 \cdot 5,76}{4,356 + 5,76} = 2,71(\text{Ом}) .$$

(5.8)

Отриманий еквівалентний опір менше припустимого ($R_3 < R_d$), отже розрахунок захисного заземлення електроустановки виконаний вірно.

6.3. Заходи щодо техніки безпеки

На основі проведеного аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виникнення яких можливе на ділянці СТО, запропоновані такі конструктивні та організаційні заходи щодо їх зниження і ліквідації.

– Для підтримки в приміщеннях оптимальної температури повітря застосовують в літній період - кондиціонери, а в зимовий період - система опалення. Перевага надається системі водяного опалення, яка є найбільш ефективною в санітарно-гігієнічному відношенні.

Для теплового самопочуття людини важливо певне поєднання температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні. Вологість повітря дуже впливає на терморегуляції організму, а рух повітря в приміщеннях є важливим фактором, що впливає на теплове самопочуття людини. Швидкість повітря робить також вплив на розподіл шкідливих речовин у приміщенні.

Для забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничому приміщенні передбачається приточно-витяжна вентиляція.

Наявність у вентиляційній системі пристрою для підігріву, осушки або зволоження повітря обов'язково.

– На підприємствах автосервісу використовується природне і штучне освітлення, як доповнення при недоліку природного освітлення за нормами, в залежності від часу доби, пори року. При виконанні точних зорових робіт необхідно комбіноване освітлення, тобто висвітлення при якому до загального освітлення (джерела світла розташовуються у верхній зоні приміщення) додається місцеве освітлення (джерела світла концентруються на робочих

місцях, також використовуються переносні світильники).

Рекомендується широке використання вбудованого освітлення. Кронштейн для місцевого освітлення повинен мати надійну фіксацію світильника в усіх необхідних положеннях.

Проводиться чистка скла, віконних прорізів і світлових ліхтарів не рідше двох разів на рік.

– Щоб уникнути виникнення небезпечних наслідків від дії вібрацій необхідний захист від них. Захист від вібрації починається, насамперед, з їх ліквідації. Досягається це вдосконаленням кінематичних схем і поліпшенням роботи механізмів. Для окремих частин конструкції застосовують пружну підвіску, амортизацію, ізолюють опори. Ізоляція фундаменту (в ґрунті навколо фундаменту встановлюють розриви із заповненням або без заповнення) запобігає передачу коливань від фундаменту до навколишнього ґрунту або від нього до фундаменту. Технічними заходами не завжди вдається знизити рівень вібрації нижче встановлених норм, в цих випадках доводиться боротися використовувати індивідуальні захисні засоби. Для захисту від локальної вібрації використовується взуття на товстій віброгасильній підшві.

– Для зниження виробничого шуму використовують різні методи:

- усунення причин або ослаблення шуму в джерелі його виникнення;
- зниження шуму на шляху його розповсюдження;
- застосування індивідуальних засобів захисту робочих.

Ослаблення шуму в джерелі його виникнення є найбільш радикальним засобом боротьби з шумом виробничого обладнання.

Однак, досвід підприємств показав, що ефективність заходів щодо зниження шуму експлуатованих машин і механізмів невелика і тому зниження шуму слід домагатися насамперед у процесі проектування обладнання.

Проведення планового ремонту обладнання дозволить зменшити рівень шумів, пов'язаний із зносом деталей.

Примусова змазка тертьових частин і механізмів дозволяє істотно знизити рівень шуму. Поєднання перерахованих вище заходів дозволяє зменшити

звуковий тиск на основних шумових частотах верстата до 30 ... 40 дБ.

– Щоб уникнути ураження електричним струмом робляться такі основні заходи захисту:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику;
- заземлення електрообладнання;
- в комплексі використовується захисне відключення.

Для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом, при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні на корпус, використовується захисне заземлення. Це навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих струмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою. Принцип дії - зниження до безпечних значень напруг дотику і кроку.

Для захисту струмоведучих кабелів від механічних пошкоджень (як силових, так і керуючих) їх укладають в захисні металеві кожухи або спеціальні пази.

Регулярне технічне обслуговування повинно включати в себе огляд і чистку, при необхідності, електрообладнання верстата від пилу і бруду.

Крім того регулярно проводиться інструктаж з техніки безпеки при роботі з електричним обладнанням.

– Щоб уникнути виникнення пожеж строго виконуються заходи пожежної безпеки. Пожежна безпека - це стан об'єкту, при якому виключається можливість пожежі. На ділянці автосервісів це досягається шляхом:

- застосування негорючих і важко горючих речовин і матеріалів замість пожежонебезпечних;
- обмеження застосування горючих речовин;
- запобігання поширенню пожежі за межі вогнища, тобто застосування протипожежних перешкод, до них відносяться стіни, перегородки, двері, ворота, і вікна між приміщеннями;

- використання засобів пожежогасіння, в даному випадку застосовуються вуглекислотні вогнегасники, і т.д.

Застосування автоматичних засобів виявлення пожеж є одним з основних умов забезпечення пожежної безпеки, тому що дозволяє оповістити черговий персонал про пожежу і місце його виникнення. В даному випадку використовуються димові сповіщувачі ДИП-1.

До числа організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки відносяться навчання робітників і службовців пожежної безпеки, інструктаж про порядок роботи з пожежонебезпечними речовинами і матеріалами, організація пожежної охорони об'єкта. При роботі дотримуються протипожежні вимоги і на робочому місці повинні знаходитися засоби для гасіння пожежі: пісок, вода, вогнегасники і т.д. Щоб уникнути небезпеки виникнення пожежі на робочому місці електрообладнання експлуатується відповідно до зазначених в його паспорті експлуатаційними параметрами. Перевантаження обладнання по потужності недопустима. Для запобігання загоряння сторонніх предметів і матеріалів не дозволено засмічувати ними прилеглі до електрообладнання території.

ВИСНОВКИ:

1. У результаті проведеного дослідження встановлено, що технології авторемонту є потенційно небезпечними для довкілля через комплексний характер їх впливу, який проявляється у забрудненні атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів, утворенні небезпечних відходів, а також підвищеному рівні шумового навантаження. Це обґрунтовує необхідність системного підходу до забезпечення екологічної безпеки в галузі автосервісу.
2. Проаналізовано теоретичні основи та критерії екологічної безпеки, що дозволило визначити ключові показники оцінки негативного впливу авторемонтних технологій на навколишнє природне середовище. Встановлено, що ефективне управління екологічною безпекою можливе лише за умови поєднання нормативно-правових, технологічних та організаційних інструментів.
3. У ході аналізу основних технологічних процесів авторемонту (фарбування, зварювання, діагностика, утилізація відходів) визначено основні джерела забруднення та екологічні ризики, пов'язані з використанням хімічних матеріалів, паливно-мастильних речовин і допоміжних реагентів. Особливу небезпеку становлять леткі органічні сполуки, важкі метали та токсичні відходи.
4. Дослідження методів кількісної та якісної оцінки екологічних ризиків показало доцільність застосування комплексного підходу, який поєднує екологічний моніторинг, лабораторні дослідження, біотестування та фітотестування. Це забезпечує більш об'єктивну оцінку токсичності забруднювачів і рівня екологічної небезпеки авторемонтних підприємств.
5. Встановлено, що впровадження систем екологічного менеджменту, зокрема відповідно до вимог стандарту ISO 14001, є ефективним інструментом зниження негативного впливу авторемонтних технологій

на довкілля, оскільки сприяє систематизації екологічної діяльності, підвищенню відповідальності персоналу та дотриманню природоохоронного законодавства.

6. Розроблені в роботі стратегії мінімізації негативного впливу, які включають технологічні, організаційні та інноваційні заходи, довели свою доцільність як з екологічної, так і з економічної точки зору. Використання екологічно безпечних матеріалів, ефективних систем фільтрації, раціональної утилізації відходів і принципів «зеленого» автосервісу дозволяє зменшити рівень забруднення та оптимізувати витрати підприємств.
7. Узагальнені результати дослідження підтверджують, що підвищення рівня екологічної безпеки авторемонтних технологій є важливою передумовою сталого розвитку галузі автосервісу. Запропоновані підходи та рекомендації можуть бути використані в практичній діяльності підприємств, а також у подальших наукових дослідженнях, спрямованих на вдосконалення екологічного управління та охорону навколишнього природного середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусевич А.О., Кравченко О.В. Екологічне право України : навч. посіб. – Львів : ПАІС, 2019. – 312 с.
2. Барановський В.А. Екологічна безпека : підручник. – Київ : Либідь, 2018. – 384 с.
3. Бондар О.І. Основи екології : підручник. – Київ : Центр учбової літератури, 2020. – 456 с.
4. Бондаренко В. М., Козловський С. В. Екологічна оцінка впливу підприємств автосервісу на стан атмосферного повітря. *Вісник Національного транспортного університету*. – 2019. – № 3. – С. 45–52.
5. Василюк О.В. Оцінка впливу на довкілля: теорія і практика. – Київ : Інтерсервіс, 2021. – 298 с.
6. Гриценко А.В. Промислова екологія : навч. посіб. – Харків : ХНУМГ, 2019. – 260 с.
7. Гриценко О. В., Ковальчук Л. М. Методи екологічного моніторингу на об'єктах автотранспортної інфраструктури. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. – 2020. – № 1. – С. 114–120.
8. Державна екологічна інспекція України. Зведений звіт про результати перевірок СТО у 2024 році.
9. ДСТУ 4462.3.01:2006. Охорона природи. Атмосфера. Методи контролю викидів.
10. ДСТУ ISO 14001:2021. Системи екологічного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосовування. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021.
11. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи менеджменту охорони здоров'я та безпеки праці. Вимоги та настанови щодо застосування. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
12. ДСТУ EN 15053:2018. Фарби та лаки. Обмеження вмісту летких органічних сполук (ЛОС). – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018

- 13.Дяченко І. М., Романюк О. П. Аналіз викидів летких органічних сполук під час ремонту та фарбування автотранспортних засобів. *Наукові праці ОНАХТ*. – 2020. – Т. 84, № 2. – С. 133–140.
- 14.Екологічна безпека автотранспортних підприємств / за ред. В.М. Шмандія. – Кременчук : КрНУ, 2018. – 220 с.
- 15.Жукова Л.В. Екологічні ризики та методи їх оцінювання. – Київ : Кондор, 2020. – 214 с.
- 16.Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII «Про охорону навколишнього природного середовища» (в редакції від 17.11.2022 № 2746-IX) // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41; 2022. – № 52.
- 17.Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX «Про управління відходами» // Голос України. – 2022. – № 140.
18. Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII «Про оцінку впливу на довкілля» // Голос України. – 2017. – № 108.
- 19.Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 № 2707-XII (нова редакція від 17.11.2022 № 2745-IX)
- 20.Звіт про виконання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом у сфері довкілля за 2024 рік. – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2024. – 126 с.
- 21.Звіт Bosch Car Service Ukraine про впровадження водорозчинних систем фарбування 2021–2024 рр, PPG Refinish. Environmental Product Declaration Envirobase HP, 2023.
- 22.Kim B.R. VOC Emissions from Automotive Painting and Their Control: A Review // *Environmental Engineering Research*. – 2011. – Vol. 16, No. 1. – P. 1–9.
- 23.Кіпніс М.Є. Екологічний менеджмент : навч. посіб. – Одеса : ОДАБА, 2019. – 278 с.
- 24.Климчук О.М. Управління екологічною безпекою виробництв. – Київ : НУБіП, 2021. – 240 с.

- 25.Коваль І.М. Технології утилізації та поводження з небезпечними відходами. – Львів : Сполом, 2020. – 196 с.
- 26.Kowalski P., Nowak A. Influence of staff training on waste management and spill prevention in Polish car workshops // *Journal of Cleaner Production*. – 2023. – Vol. 382.
- 27.Ковальчук О. І. Екологічні аспекти діяльності станцій технічного обслуговування автомобілів: дис. ... канд. техн. наук. – Львів, 2022. – 186 с. , European Environment Agency. Emissions of volatile organic compounds from solvent use in the EU-27, 2023.
- 28.Кузьмінський А.І. Екологічна токсикологія. – Київ : Академвидав, 2018. – 352 с.
- 29.Коваленко А. С., Бабенко М. Ю. Шумове забруднення від діяльності автосервісних підприємств та методи його зниження. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. – 2019. – № 109. – С. 215–220.
- 30.Козаченко Ю. А., Пилипенко В. В. Екологічна небезпека відпрацьованих мастил та технічних рідин автосервісних підприємств. *Екологія і природокористування*. – 2019. – № 23. – С. 77–83.
- 31.Кравченко Т. О., Литвиненко А. В. Оцінка екологічних ризиків діяльності автосервісних підприємств у міському середовищі. *Науковий вісник ХНУБА. Серія: Екологія*. – 2021. – № 5. – С. 102–109.
- 32.Кравчук І. В. Економічна ефективність впровадження концепції Green Garage в Україні // *Економіка природокористування і охорони довкілля*. – 2025. – № 1. – С. 44–56.
- 33.Лапін В.М. Шкідливі речовини в атмосфері автосервісних підприємств // *Екологічна безпека*. – 2021. – №2. – С. 45–51.
- 34.Ляшенко С. В. Проблеми поводження з відходами на підприємствах технічного обслуговування автомобілів. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – 2021. – № 2. – С. 56–62.

- 35.Марченко В. С., Соловей Н. А. Застосування біотестування для оцінки токсичності стічних вод автосервісів. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Екологія.* – 2019. – № 292. – С. 98–105.
- 36.Методичні рекомендації з біотестування вод та ґрунтів. – Київ : Міндовкілля, 2020.
- 37.Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національна доповідь про стан поводження з відходами 2024.
- 38.Міжнародний стандарт ISO 14001:2015 (гармонізований в Україні як ДСТУ ISO 14001:2015
- 39.Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. – Київ, 2022.
40. Онищенко В.О. Моніторинг довкілля : навч. посіб. – Київ : Центр учбової літератури, 2019. – 312 с.
- 41.Орлов О.О. Оцінка екологічних ризиків промислових об'єктів. – Харків : ФОП Панов, 2018. – 190 с.
- 42.OSHA. FactSheet: Controlling Hazardous Fume and Gases during Welding [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_FS-3647_Welding.pdf (дата звернення: 18.11.2025)
- 43.Офіційний веб-сайт Європейського Союзу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32004L0042> (дата звернення: 18.11.2025)
- 44.Пархоменко О. М. Використання систем екологічного менеджменту ISO 14001 на підприємствах автосервісу. *Економіка та держава.* – 2021. – № 7. – С. 64–69.
- 45.Петренко О. М. Мотивація персоналу до екологічно відповідальної поведінки на підприємствах автосервісу // Вісник ХНАДУ. – 2024. – Вип. 94. – С. 67–74.

- 46.Пилипенко Ю.В. Промислові викиди та їх екологічна оцінка. – Дніпро : Журфонд, 2020. – 224 с.
- 47.Постанова КМУ «Про затвердження Порядку здійснення екологічного контролю».
- 48.Романенко В.Д. Основи гідроекології. – Київ : Обереги, 2019. – 360 с.
- 49.Руденко Н. В. Інноваційні екологічно безпечні матеріали в сучасному авторемонті. *Науковий журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. – 2022. – № 1. – С. 37–43.
- 50.Савицький М.О. Шумове забруднення та методи його зниження. – Київ : Будівельник, 2018. – 148 с.
- 51.Савченко Д. І., Тарасенко Ю. М. Екологічна безпека технологій зварювання та різання металів в авторемонтному виробництві. *Охорона праці*. – 2018. – № 10. – С. 21–26.
- 52.Сніжко С.І. Екологічна безпека технологічних процесів. – Київ : НТУУ «КПІ», 2021. – 280 с.
- 53.Статистичний щорічник України. – Київ : Держстат, 2022.
- 54.Сидоренко М. П., Бойко Н. О. Екологічні аспекти фарбувальних процесів в авторемонтному виробництві. *Вісник КНУТД. Технічні науки*. – 2018. – № 6. – С. 89–95.
- 55.Сидоренко В. Г. Організаційно-економічні механізми мінімізації впливу СТО на довкілля: автореф. дис. ... канд. екон. наук. – Київ, 2024. – 22 с.
- 56.ТОВ «Біоекотехнології». Звіт про пілотні проєкти біоремедіації на СТО України 2023–2025 рр.
- 57.Трофименко Ю.І. Екологічні аспекти автосервісу. *Вісник НТУ*. – 2020. – №3. – С. 61–67.
- 58.Хільчевський В.К. Оцінка якості води. – Київ : ВПЦ «Київський університет», 2019. – 268 с.
- 59.Чабан О.М. Екологічні інновації у сфері автотранспорту. – Львів : ЛНУ, 2021. – 198 с.

- 60.Черниш І. В. Економічна ефективність впровадження екологічних заходів на підприємствах автосервісу. *Вісник соціально-економічних досліджень*. – 2020. – № 3. – С. 143–149.
- 61.Шевченко О. Г., Мельник О. І. Вплив технологічних процесів авторемонту на формування відходів та шляхи їх мінімізації. *Екологічна безпека та природокористування*. – 2020. – № 4. – С. 61–68.
- 62.Яременко О. П., Дрозд І. О. Концепція «зеленого» автосервісу як напрям сталого розвитку автотранспортної галузі. *Екологічні науки*. – 2023. – № 2. – С. 52–59.
- 63.Weiss I. et al. Characterization of automotive paints: An environmental impact analysis // *Progress in Organic Coatings*. – 2002. – Vol. 45, No. 2–3. – P. 245–253