

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

**Кваліфікаційна робота  
допущена до захисту**  
Гарант ОПП «Інноваційні технології та  
системи захисту навколишнього  
середовища»

ПІКАРЕНЯ Д.С. \_\_\_\_\_

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Інноваційні технології та системи захисту навколишнього  
середовища»  
за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища

на тему «Розробка інтегрованих рішень підвищення екологічної  
безпеки залізничного  
дивізіону гірничо-збагачувального комбінату»

Керівник Максимова Н.М. \_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант від  
бази практики Алакозова І.М. \_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач Грищенко К.Ю. \_\_\_\_\_ |  
(Прізвище та ініціали) (підпис)

Кам'янське 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>безпеки праці та охорони довкілля</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>183 Технології захисту навколишнього середовища</u>
Освітньо-професійна програма	<u>Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП «Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища»

Пікареня Д.С. \_\_\_\_\_  
«27» грудня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Грищенко Катерина Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Розробка інтегрованих рішень підвищення екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату

керівник роботи Максимова Н.М., кандидат технічних наук, доцент \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 03.02.2025 р.

Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики природокористування та захисту навколишнього середовища, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ТОВ «Вуглепромтранс», матеріали зібрані під час інженерно-природоохоронної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Вступ. 1 Загальні проблеми екологічної безпеки залізничним транспортом гірничо-збагачувального комбінату. 2 Оцінка сучасного стану екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату. 3. Технології та методи підвищення екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату. 4 Охорона праці. 5 Напрямки підвищення економічної ефективності залізничного транспорту гірничо-збагачувального дивізіону. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентація Microsoft Power Point в кількості 20 слайдів.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
2	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
3	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
4	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля
5	Максимова Н.М., доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

7. Дата видачі завдання 27.12.2024

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Загальні проблеми екологічної безпеки залізничним транспортом гірничо-збагачувального комбінату	28.12.2024 – 02.01.2025
2	Оцінка сучасного стану екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату	28.12.2024 – 02.01.2025
3	Технології та методи підвищення екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату	03.01.2025 – 05.01.2025
4	Охорона праці	05.01.2025 – 07.01.2025
5	Напрямки підвищення економічної ефективності залізничного транспорту гірничо-збагачувального дивізіону	07.01.2025 – 09.01.2025
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	09.01.2025 – 11.01.2025
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	11.01.2025 – 14.01.2025
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	14.01.2025 – 16.01.2025

Здобувач

Грищенко К.Ю.

Керівник

Максимова Н.М.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 128 с., 33 рис., 13 таблиць, 42 літературних джерела, 1 додаток.

**Об'єкт дослідження** є шляхи вдосконалення операційної діяльності залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату з урахуванням питань екологічної безпеки.

**Предмет дослідження** є аспекти вдосконалення залізничного транспорту гірничо-збагачувального комбінату в сучасних умовах з використанням найліпших природоохоронних практик.

**Метою роботи** є дослідження сучасних методів та технологій зменшення впливу залізничного транспорту на довкілля.

У вступі розглянуто проблемну ситуацію негативного впливу від експлуатації залізничного транспорту.

У розділі «Загальні проблеми екологічної безпеки залізничного транспорту гірничо-збагачувального комбінату» визначено ключові екологічні проблеми експлуатації залізничного транспорту, проаналізовано досвід інших країн у впровадженні методів і підходів для зменшення негативного впливу залізничного дивізіону на довкілля.

У розділі «Оцінка сучасного стану екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату» проведено оцінку викидів CO<sub>2</sub>, забруднення ґрунту нафтопродуктами та важкими металами, а також розглянуто проблеми утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал, просочених креозотом.

У розділі «Технології та методи підвищення екологічної безпеки залізничного дивізіону гірничо-збагачувального комбінату» проаналізовано наявні способи зменшення викидів CO<sub>2</sub>, забруднення ґрунту нафтопродуктами та утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал, оброблених креозотом.

У розділі «Охорона праці» розглянуті питання забезпечення безпеки при експлуатації каталітичного нейтралізатора із сажовим фільтром, утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал за допомогою газифікації та піролізу, безпечної роботи маневрового локомотива з двигуном GE C36-7I у газодизельному циклі, дотримання вимог безпеки під час встановлення та експлуатації систем збору нафтопродуктів, а також правила охорони праці при використанні сорбентів.

В економічному розділі оцінено ефективність впровадження вуглевипалювальної піролізної установки ВП "ЄВРО", системи очищення вихлопних газів тепловозів (GreenTRAP NOVA), а також витрати та рентабельність встановлення газового обладнання LNG. Крім того, економічно обґрунтовано застосування систем збору нафтопродуктів на залізничних коліях та використання сорбаційних матеріалів.

В висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

**ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ВІДПРАЦЬОВАНІ ДЕРЕВ'ЯНИ ШПАЛИ, ПІРОЛІЗ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, СИСТЕМИ ЗБОРУ НАФТОПРОДУКТІВ**

## ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА.....	2
РЕФЕРАТ .....	4
ВСТУП .....	9
1 ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ.....	11
1.1 Загальна описова характеристика залізничного транспорту.....	11
1.2 Взаємодія залізничного транспорту з навколишнім середовищем . .....	12
1.3 Проблематика управління ресурсами в галузі залізничного транспорту.....	15
1.4 Аналіз сучасних практик утилізація використаних дерев'яних шпал просочених креозотом .....	17
1.5 Аналіз сучасних практик модернізації маневрових локомотивів .	18
1.6 Аналіз сучасних практик збирання нафтопродуктів на залізничних колій .....	24
1.7 Способи та методи модернізації маневрових локомотивів.....	27
1.8 Способи утилізації використаних дерев'яних шпал просочених креозотом .....	30
1.9 Способи збирання нафтопродуктів на залізничних колій .....	31
1.10 Висновки до розділу 1 .....	38
2 ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДІВІЗІОНУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ.....	40
2.1 Оцінка впливу залізничного рухомого складу на атмосферне повітря .....	41

2.2 Аналіз впливу небезпечних відходів, що виникають внаслідок роботи залізничного транспорту, на забруднення ґрунтів.....	56
2.3 Оцінка впливу залізничного транспорту на забруднення ґрунтів	58
2.4 Висновки до розділу 2.....	62
<b>3 ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДИВІЗІОНУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ.....</b>	<b>64</b>
3.1 Екологічно безпечні технології утилізації дерев'яних шпал в умовах погіршення екологічної ситуації.....	64
3.2 Перспективні системи очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів .....	76
3.2.1 Система очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів .....	76
3.2.2 Модернізація маневрового локомотива на гібридну тягу .....	80
3.2.3 Модернізації тепловоза з двигуном GE C36-7I у газодизельний цикл.....	83
3.3 Перспективні системи збирання нафтопродуктів на залізничних коліях .....	86
3.3.1 Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях .....	86
3.3.2 Абсорбуючі речовини .....	90
3.4 Висновки до розділу 3.....	92
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>94</b>
4.1 Вимоги безпеки при використанні каталітичного нейтралізатора з сажовим фільтром.....	94
4.2 Вимоги безпеки при експлуатації маневрового локомотива з двигуном GE C36-7I у газодизельному циклі .....	94

4.3	Вимоги безпеки при утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал методом газифікації та піролізу .....	95
4.4	Вимоги безпеки праці при встановленні та експлуатації системи збору нафтопродуктів .....	96
4.5	Правила охорони праці при використанні сорбентів .....	97
4.6	Висновки до розділу 4 .....	98
5	НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО ДИВІЗІОНУ .....	100
5.1	Економічна ефективність від встановлення вуглевипалювальної піролізної установки ВП "ЄВРО" .....	100
5.2	Економічна ефективність від використання системи очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів (GreenTRAP NOVA) .....	103
5.3	Витрати та економічний прорахунок встановлення LNG .....	104
5.4	Економічне обґрунтування застосування системи збору нафтопродуктів на залізничних коліях .....	106
5.5	Економічне обґрунтування застосування сорбаційних речовин ....	108
5.6	Висновки до розділу 5 .....	110
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ .....	112
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	115
	ДОДАТОК А. Публікація за темою досліджень .....	121

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Дослідження впливу залізничного дивізіону є актуальним через тривалу експлуатацію старого рухомого складу, що призводить до витоку нафтопродуктів, викидів CO<sub>2</sub> у атмосферу, а також до утворення таких небезпечних відходів, як відпрацьовані шпали, просочені креозотом. Особливості функціонування залізничного транспорту, такі як стаціонарність мережі, графік руху та режимні параметри, в сукупності призводять до виникнення екологічних впливів та економічних витрат. Тому пошук екологічно обґрунтованих рішень щодо відстоювання локомотивів на залізничних коліях, зниження викидів CO<sub>2</sub> від маневрових локомотивів, утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал з мінімальним екологічним впливом є досі актуальними науково-практичними завданнями.

**Метою роботи** є поліпшення екологічної безпеки залізничного транспорту для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Задля досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

– розрахувати викиди небезпечних речовин від відпрацьованих газів дизельного маневрового локомотива, а також запропонувати варіанти безпечної системи очищення з економічною оцінкою їх доцільності;

– проаналізувати наявні небезпечні відходи залізничного транспорту та запропонувати їх безпечну утилізацію шляхом встановлення піролізної установки, виконати економічні розрахунки кошторисної вартості запропонованого заходу;

– оцінити рівень забруднення ґрунту на залізничних станціях, проаналізувати існуючі методи збору нафтопродуктів та запропонувати оптимальні та безпечні рішення.

**Об’єкт досліджень** є шляхи вдосконалення операційної діяльності залізничного транспорту з урахуванням питань екологічної безпеки.

**Предметом дослідження** є аспекти вдосконалення залізничного транспорту гірничо-збагачувального комбінату в сучасних умовах з використанням найліпших природоохоронних практик.

**Методи дослідження** базуються на аналізі сучасних технологій та логічному узагальненні для розробки підходів до підвищення екологічної безпеки залізничного транспорту. Інформаційною базою слугували закони України, навчальна література, науково-дослідницькі роботи з тематики природокористування та захисту навколишнього середовища, літературні джерела, дані ТОВ «Вуглепромтранс», матеріали зібрані під час інженерно-природоохоронної практики.

**Практична цінність роботи** полягає в розробці шляхів підвищення екологічної безпеки залізничного транспорту гірничо-збагачувального комбінату. Отримані результати та висновки можуть бути застосовані для зменшення його негативного впливу на довкілля.

Основні положення кваліфікаційної роботи доповідалися на Міжнародній науковій конференції “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”, яка відбулась 28-29 листопада 2024 року (дод. А).

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

## 1.1 Загальна описова характеристика залізничного транспорту

Залізниця та її транспортна інфраструктура виконують роль важливої ланки між підприємствами та вантажоодержувачами, і повинні працювати з максимальною ефективністю, при цьому зводячи до мінімуму вплив на навколишнє середовище [1].

До головних переваг залізничного транспорту можна віднести транспортування великої кількості вантажу на великі дистанції, високу транспортна безпеку та розвантаження автомобільних шляхів.

Головним завданням залізничного транспорту на підприємстві є формування поїздів за допомогою тепловозів та дизельних агрегатів, які не вимикаються під час перерв у маневровій роботі.

До маневрових робіт, що мають специфічні особливості, відносяться [2]:

- формування вантажних поїздів;
- перестановка рухомого складу на деповські колії станцій;
- доставка груп вагонів зі станції до одержувача вантажу.

Зазначені особливості заключаються в наступному [2]:

- широкий діапазон потужностей (переміщення складів, маса яких може перевищувати власну масу локомотива у 30 разів);
- малі відстані переміщення (від кількох сотень метрів до кількох кілометрів);
- тривалі періоди роботи на холостому ході (до 85% загального часу роботи локомотива);

– обмежена швидкість – зокрема, в режимі дистанційного управління по радіо – до 25км/год.

## **1.2 Взаємодія залізничного транспорту з навколишнім середовищем**

Вплив об'єктів залізничного транспорту на навколишнє середовище обумовлено будівництвом доріг, виробничо-господарською діяльністю підприємств, експлуатацією залізниць і рухомого складу, спалюванням великої кількості палива, утилізацією токсичних шпал та ін. Будівництво і функціонування залізниць пов'язано з забрудненням природних комплексів викидами забруднюючих речовин (вуглекислий газ, оксиди азоту, сажа та інше), стоками, відходами, які не повинні порушувати рівновагу в екологічних системах. Рівновага екосистеми характеризується властивістю зберігати стійкий стан в межах регламентованих антропогенних змін в оточуючих транспортне підприємство природних комплексах [3].

Залізничний транспорт, хоч і вважається екологічно чистішим порівняно з іншими видами транспорту, але все ж таки має певний негативний вплив на навколишнє середовище.

Викиди забруднюючих речовин від рухомих джерел становлять у середньому 1,65 млн. тон на рік. Основне забруднення відбувається в районах, де в якості локомотивів використовують тепловози з дизельними силовими установками [4].

Один маневровий тепловоз (рис. 1.1) за кількістю шкідливих викидів прирівнюється до 10-15 вантажних автомобілів. Забруднення від тепловоза потрапляють в атмосферу через вихлопні гази, що утворюються при спалюванні дизельного палива.



Рисунок 1.1 – Маневровий тепловоз

При функціонуванні залізничного транспорту відбувається емісія різних забруднюючих речовин в атмосферу:

- викиди в атмосферу різних оксидів азоту, такі як  $\text{NO}$  та  $\text{NO}_2$ . Ці гази сприяють утворенню фотохімічного смогу та кислотних дощів, а також можуть викликати респіраторні проблеми у людей;

- викиди діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), які утворюють парниковий газ, що сприяє зміні клімату;

- потрапляння в атмосферу твердих частинок (N), які впливають на якість повітря та можуть призвести до респіраторних захворювань.

Викиди під час експлуатації рухомого складу завдають:

- економічні збитки власникам залізничних колій та об'єктів залізничного транспорту;

- економічні збитки третім особам, включаючи витрати на відновлення сільськогосподарських угідь та лісів;

- екологічні збитки, такі як забруднення атмосфери (викидами забруднюючих речовин з промислових підприємств, транспорту –  $\text{CO}_2$ ,

SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> та інші), ґрунту ( відходами промисловості переважно важкими металами Pb, Cd, Sn, Hg), водойм (скидання стічних вод, відходів та хімічних речовин у річки – Pb, Mn, Cu та інше).

Для ефективного управління викидами залізничного транспорту необхідно вирішити такі завдання:

- оцінити рівень забруднення;
- проаналізувати потенційні ризики для території;
- розробити заходи для захисту навколишнього середовища.

Щоб вирішити ці завдання, слід розробляти математичні моделі, які максимально враховують особливості викидів шкідливих і небезпечних речовин на об'єктах залізничного транспорту, оскільки фізичне моделювання не здатне забезпечити необхідні рішення.

До негативного впливу на навколишнє середовище відноситься забруднення залізничних колій нафтопродуктами, які витікають із залізничних цистерн та зливальних приладів. Забруднення колій маслом трапляється під час заправлення букс, з нещільно закритих букс та з колісних пар, що забруднює ґрунт. Найбільші площі забруднення спостерігаються на тракційних коліях локомотивного депо, у місцях підготовки цистерн для наливу нафтопродуктів, на станціях у місцях відстою та екіпірування тепловозів, а також на паливних складах.

Локомотивні та вагонні депо займають значні за площею території, частина яких забруднюється нафтопродуктами в процесі виробничої діяльності. Дизельне паливо і дизельні олії проливаються під час заправлень локомотивів, змащувальні матеріали – при заправленні букс, мазут – при використанні його в котельнях депо.

Тривале забруднення ґрунту веде до накопичення токсичних речовин, які можуть проникати в глибші шари та забруднювати підземні води. Крім того, забруднення ґрунту негативно впливає на рослинність, знижуючи її життєздатність, і на здоров'я тварин, які можуть споживати забруднені рослини або воду. За забруднення територій можна зазнати

значних економічних втрат у вигляді штрафних санкцій та компенсацій збитків, завданих навколишньому середовищу. Процес очищення ґрунту від нафтових забруднень є складним і витратним, вимагає спеціальних технологій та значних фінансових ресурсів.

### **1.3 Проблематика управління ресурсами в галузі залізничного транспорту**

Наразі близько 75% залізничного полотна складається з дерев'яних шпал, просочених креозотом для запобігання гниттю. Широке використання дерев'яних шпал обумовлене їх численними перевагами. Дерев'яні шпали, з вагою приблизно 80 кг, значно легші за залізобетонні шпали, які важать 270 кг [5]. Це полегшує укладання та ремонтні роботи, дозволяючи бригаді робітників обійтися без залучення спеціальних вантажопідіймальних механізмів та інструментів.

Дерев'яні шпали є відмінним діелектриком, на відміну від залізобетонних шпал, які проводять електричний струм через металеву арматуру, що використовується при їх виготовленні.

Досліди, проведені на спеціалізованому обладнанні для випробування матеріалів [6], продемонстрували, що дерев'яні шпали мають більшу міцність на тиск в центральній частині, порівняно з залізобетонними шпалами [7].

Нормативний термін служби дерев'яних шпал, просочених антисептиками, становить 14-25 років. Однак, в залежності від умов середовища та інтенсифікації вантажопотоків, збільшення навантажень і швидкостей, термін експлуатації може скоротитися до 8-10 років, що вимагає регулярної заміни зношених шпал. Наприклад, на залізницях Північної Америки з 700 мільйонів дерев'яних шпал щорічно замінюють 14 мільйонів шпал.

Утилізація дерев'яних шпал, оброблених креозотом (рис. 1.2) [8], становить серйозну проблему через їхню токсичність. Згідно зі статтею 7 Закону України «Про управління відходами» [9], який набрав чинності 09.07.2023, ці шпали класифікуються як небезпечні відходи.

До проблем утилізації даного виду відходів відноситься токсичність креозоту, який містить токсичні хімічні речовини. Вони можуть проникати в ґрунт, завдаючи шкоди рослинам і мікроорганізмам. Токсини з креозоту також можуть потрапляти у підземні води, забруднюючи їх і шкодячи водним екосистемам. При контакті з креозотом у людей можливе подразнення шкіри та дихальних шляхів, а також інші, більш серйозні захворювання при тривалому впливі.



Рисунок 1.2 – Використані дерев'яні шпали, просочені креозотом [8]

Так як використані дерев'яні шпали, просочені креозотом, відносяться до класу небезпечних відходів, то це вимагає дотримання спеціальних процедур і технологій при утилізації, які регулюються Законом України «Про

управління відходами» [9] та ліцензійними умовами, що забезпечують екологічно обґрунтоване управління відходами.

Необхідність спеціальних знань і технологій для утилізації цих відходів ускладнює пошук відповідних фахівців і компаній, які мають відповідні ліцензії та досвід.

#### **1.4 Аналіз сучасних практик утилізація використаних дерев'яних шпал просочених креозотом**

У європейських країнах за останні 25 років вимоги щодо охорони довкілля значно посилилися, особливо щодо обмеження використання дерев'яних шпал, просочених креозотом. Наприклад, у Нідерландах дерев'яні шпали, просочені креозотом, вже заборонені з міркувань екологічної безпеки [8]. Інші країни шукають нові, екологічно безпечні рішення утилізації цього виду відходу.

Для вирішення виявлених проблем можливе використання сучасних технологій утилізації, таких як спалювання в спеціалізованих установках. Цей метод передбачає спалювання шпал у спеціальних печах з фільтрацією токсичних газів. Це дозволяє зменшити кількість небезпечних речовин, що потрапляють в атмосферу.

Можна використовувати технологію піролізу, яка термічно розкладає органічні матеріали без доступу кисню. Продукти піролізу можна використовувати як паливо або сировину для хімічної промисловості.

Дуже важлива співпраця з міжнародними організаціями, а саме, обмін досвідом і технологіями, співпраця з міжнародними організаціями та компаніями, які мають досвід і технології для утилізації креозотових шпал, а також фінансова та технічна підтримка з залученням грантів і технічної допомоги для впровадження сучасних технологій утилізації.

Успішна утилізація дерев'яних шпал, оброблених креозотом, потребує комплексного підходу, який включає розвиток технологій,

навчання фахівців і дотримання Закону України «Про управління відходами» [9]. Це дозволить знизити екологічні ризики та забезпечити безпечну утилізацію небезпечних відходів.

### **1.5 Аналіз сучасних практик модернізації маневрових локомотивів**

Як відомо з відкритих інформаційних джерел (наприклад, [10]), між АТ «Українська залізниця» та компанія GE Transportation 23 лютого 2018 р. був підписаний рамочний договір стосовно 15-річного партнерства щодо оновлення та модернізації тягового рухомого складу українських залізниць. Відповідно до умов договору до 2034 року передбачається поставка в Україну 225 тепловозів TE33AC (тепловоз з електропередачею модель 33 з асинхронним приводом) виробництва GE Transportation.

Виробництво тепловозів TE33AC для України на підприємстві компанія GE Transportation (сьогодні це вже Corporation Wabtec) розташованого в м. Erie, штат Pennsylvania, USA, розпочато на початку 2018 р. Восени 2018 р. та у першому кварталі 2019 р. в Україну доставлені перші 30 тепловозів зазначеної серії, які на даний час успішно експлуатуються на українських залізницях [11].

Тепловози TE33AC призначені для підвищення ефективності та надійності перевезень на українських залізницях. Ці тепловози відповідають сучасним стандартам і оснащені передовими технологіями для поліпшення експлуатаційних показників.

На першому етапі обслуговування і ремонт тепловозів скоріше за все виконуватимуть GE Transportation або їх дочірня компанія, але з часом можливо розглядати варіанти локалізації технічного обслуговування і ремонту в Україні, що сприятиме розвитку місцевої інфраструктури і створенню робочих місць.

До переваг даного проекту [10], можна віднести: підвищення надійності перевезень та ефективність залізничних перевезень, зниження експлуатаційних витрат, відповідність екологічним стандартам, що знижує негативний вплив на довкілля.

На першому етапі залежність від іноземного обслуговування може створити додаткові витрати та логістичні складнощі. Для ефективної експлуатації нових тепловозів може знадобитися модернізація інфраструктури та навчання місцевих фахівців.

Цей проект є значним кроком у модернізації локомотивного парку гірничо-збагачувального комбінату (далі – ГЗК) і має довгострокові перспективи для економічного та технологічного розвитку підприємств.

В Україні існує мережа спеціалізованих тепловозоремонтних підприємств, здатних виконувати капітальні ремонти тепловозів різних типів та моделей. Однак, не всі з них мають можливість виконувати сучасну модернізацію тепловозів або будувати нові тепловози, так як для виконання сучасної модернізації та будівництва нових тепловозів потрібні новітні технології, обладнання, а також висококваліфікований персонал. Багато підприємств стикаються з проблемами фінансування та браком технічних можливостей для таких завдань.

Для вирішення цих проблем необхідні значні інвестиції у модернізування для оновлення обладнання та технологій на підприємствах, залучення державних і приватних інвесторів, міжнародних грантів та кредитів, розробка програм навчання та підвищення кваліфікації для працівників тепловозоремонтних підприємств, співпраця з навчальними закладами та міжнародними організаціями для обміну досвідом і знаннями, встановлення партнерських відносин з провідними міжнародними виробниками тепловозів, такими як GE Transportation (Wabtec), для передачі технологій та ноу-хау.

За інформацією [12], модернізація старих тепловозів є актуальним питанням для багатьох залізниць, включаючи залізниці України. Досвід інших країн може бути корисним прикладом для реалізації подібних проектів в Україні.

Залізниці Прибалтика та Угорщина уклали контракти з компанією Caterpillar на встановлення нових потужних тягових систем. Це включає заміну старих дизельних двигунів на нові, більш ефективні і потужні моделі від Caterpillar. До переваг відносяться: зниження експлуатаційних витрат, підвищення потужності та надійності тепловозів, зменшення викидів шкідливих речовин.

Чехія на тепловози 2М62 встановлює нові дизельні двигуни від компанії MTU (Німеччина), що забезпечує підвищення продуктивності та економічності. Модернізація включає зміну дизайну кузова та кабін машиністів для поліпшення ергономіки, комфорту і безпеки. До переваг модернізації тепловозів відносяться: сучасний вигляд тепловозів, покращені умови праці для машиністів, підвищена ефективність і зниження експлуатаційних витрат.

Польща повністю переобладнає старі тепловози М62 у сучасний рухомий склад з повною заміною внутрішнього обладнання, включаючи тягові системи, електроніку, системи управління та інші компоненти. До переваг відносяться: покращення технічних характеристик тепловозів, що відповідають сучасним стандартам та значне продовження їх термін експлуатації.

ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод» є прикладом успішної модернізації тепловозів в Україні. Реалізовані проекти модернізації цього підприємства демонструють його здатність впроваджувати сучасні технології і підходи до оновлення рухомого складу.

У 2017 році модернізован тепловоз ТГМ4 для ПАТ «Запоріжсталь» (МЕТІНВЕСТ). Встановлено дизельний двигун Cummins QST – 30

(США) та компресорний агрегат, що призвело до підвищення ефективності роботи тепловоза, зниження витрат на паливе та обслуговування, підвищення надійності та екологічності [11].

У 2018 році модернізовано тепловоз ТГМ6. Встановлено дизельний двигун Cummins QST-30 та роторно-пластинчатий компресорний агрегат АКЛ 4,5PM111J. Встановлено кондиціонер для поліпшення умов праці машиністів, електродвигун приводу вентилятору охолодження, інтегровано мікропроцесорний блок управління допоміжними агрегатами, модернізована система управління генератором (УГП-750) [11].

Сучасніший та потужніший двигун, покращена система охолодження та компресорний агрегат сприяють зниженню витрат на технічне обслуговування.

Успіх ТОВ «Миколаївський тепловозоремонтний завод» може служити моделлю для інших підприємств в Україні, сприяючи загальному покращенню стану залізничного транспорту в країні.

У 2019 р. реалізований проект глибокої модернізації тепловоза 2TE10M, на якому були встановлені наступні агрегати: новий двигун виробництва Anglo Belgian Corporation (ABC), новий роторно-пластинчатий компресорний агрегат АКЛ-6 спільного виробництва з компанією Mattei (Італія), нова мікропроцесорна система управління, сучасний тяговий агрегат змінного струму виробництва ДП «Електротяжмаш», система клімат-контролю кабіни машиніста, швидкостемір «Вектор», система електронного моніторингу всіх систем тепловоза [11].

Гібридні маневрові локомотиви, розроблені інженерами німецької філії міжнародного концерну «Alstom», представляють важливий крок у розвитку екологічно чистого та ефективного залізничного транспорту.

Гібридний маневровий локомотив Alstom (BR 203) базується на тепловозі з гідравлічною передачею серії V100 (BR 203). Він оснащений:

- системою електричної тяги, яка містить нікель-кадмієві акумуляторні батареї, що використовуються для зберігання електроенергії;

- дизель-генераторною установкою (дизельний двигун потужністю 200 кВт, який обертає тяговий генератор);

- перетворювачами електроенергії, що забезпечують живлення тягових електродвигунів та заряджання акумуляторних батарей;

- двома тяговими електродвигунами, які отримують живлення від генератора через перетворювачі;

- механічною трансмісією, що передає рух від тягового електродвигуна до колісних пар локомотива.

Принцип роботи закладається в тому, що дизельний двигун обертає тяговий генератор, який виробляє електроенергію для заряджання акумуляторних батарей та живить два тягових електродвигуна через перетворювачі. Акумуляторні батареї забезпечують додаткове живлення для електродвигунів, що дозволяє використовувати локомотив у гібридному режимі, знижуючи споживання дизельного пального та зменшуючи викиди шкідливих речовин.

Локомотив був представлений на міжнародній виставці залізничної техніки «InnoTrans-2006» у Берліні, Німеччина. Виставка стала платформою для демонстрації передових технологій у залізничній галузі та залучення потенційних клієнтів і партнерів.

Перевагами гібридного локомотива є зниження викидів шкідливих речовин за рахунок використання електричної тяги та зменшеного споживання дизельного пального, використання акумуляторних батарей дозволяє працювати локомотиву в електричному режимі на коротких відстанях, що зменшує загальний вплив на довкілля.

Гібридна система підвищує загальну ефективність локомотива, дозволяючи зменшити витрати на пальне та технічне обслуговування.

Можливість роботи в режимі дизель-електричної та чисто електричної тяги забезпечує більшу гнучкість у використанні.

Використання сучасних технологій перетворювачів, акумуляторних батарей та тягових електродвигунів демонструє інноваційний підхід до модернізації залізничного транспорту.

Гібридний маневровий локомотив Alstom, розроблений на базі тепловоза серії V100 (BR 203), демонструє значні переваги завдяки можливості роботи в комбінованому режимі з використанням дизельного генератора і акумуляторних батарей (АКБ). У комбінованому режимі обидва джерела живлення використовуються одночасно, при цьому відбувається підзарядка АКБ від генератора. АКБ забезпечують додаткову потужність під час пікових навантажень. В індивідуальному режимі локомотив може використовувати живлення тільки від генератора або тільки від АКБ. АКБ можуть використовуватися як резервне джерело живлення, забезпечуючи додаткову потужність під час експлуатації в режимі тяги з максимальним навантаженням [13].

До переваг гібридного локомотива відноситься: зниження витрати на паливо завдяки оптимізації роботи двигуна та використанню електричної тяги від АКБ, додаткова потужність під час пікових навантажень, що підвищує загальну ефективність локомотива і дозволяє краще справлятися з важкими вантажами, зменшення споживання дизельного палива, що призводить до зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, що робить локомотив екологічно більш чистим.

У Нідерландах компанія Strukton Rail Equipment розпочала експериментувати з використання сонячної енергії на тепловозах залізничного транспорту. Для проведення випробувань було обрано чотиривісний тепловоз серії 1200BBM 1963 року із кабіною керування, розміщеною в центральній частині капотного кузова і має потужність 808кВт. Сонячна батарея встановлена на капоті так, щоб не перешкоджати сонячному світлу, уникнувши затемнення димом

вихлопної труби, що може вплинути на її ефективність. Розміри сонячної батареї становлять 1920x990x50 мм з потужністю 280 Вт при напрузі 24 В. Локомотив використовується для робіт за поточним утриманням інфраструктури, що передбачає нерегулярне використання. У періоди, коли тепловоз не використовується, акумулятори розряджаються, але завдяки сонячним батареям вони постійно підзаряджаються. Початкові випробування в холодних умовах показали, що не було необхідності в заміні батарей, незважаючи на низькі температури. Акумулятори є необхідними не лише для пуску тепловоза, але й для живлення допоміжного обладнання [13].

Модернізація передбачає можливість роботи тепловоза в газодизельному режимі з використанням до 70% газового палива, використовуючи дизельне паливо як запальну дозу, і в дизельному режимі з використанням тільки дизельного палива.

Однією з перспективних технологій зменшення небезпечних викидів від маневрових локомотивів може бути модернізація тепловоза в газодизельний цикл.

Модернізація не стосується кузова (щодо міцності екіпажної частини, гальмівного обладнання, тягового електрообладнання, штатних систем управління та безпеки тепловоза, а також основної частини допоміжного обладнання). Основні зміни пов'язані з певними доробками паливної системи, а також систем управління дизельним двигуном.

## **1.6 Аналіз сучасних практик збирання нафтопродуктів на залізничних коліях**

Система збирання нафтопродуктів на залізничних коліях вже активно застосовується в країнах Євросоюзу і демонструє свою ефективність. Ці системи забезпечують значний захист навколишнього

середовища від забруднення, яке може виникати при перевезенні та обслуговуванні залізничного транспорту, що перевозить нафтопродукти.

Система збирає нафтопродукти, які проливаються або витікають на залізничні колії під час завантаження, розвантаження та технічного обслуговування вагонів. Спеціальні піддони або зливні системи встановлюються під коліями для збору нафтопродуктів [14].

Ефективність збору полягає в тому, що системи збирання нафтопродуктів більш ефективно утримують і збирають пролите паливо та інші нафтопродукти, ніж бетонні відмостки, які можуть пропускати забруднюючі речовини, таким чином зменшується ризик забруднення ґрунту та водних ресурсів, що є особливо важливим у країнах з жорстким природоохоронним законодавством. Ці системи простіше очищувати та обслуговувати, що знижує експлуатаційні витрати.

До країн, які використовують систему збирання нафтопродуктів на залізничних коліях відносяться:

– Латвія. На об'єктах Індра та Резекне встановлені системи збору нафтопродуктів, які показали високу ефективність і надійність.

– Литва. У Вільнюсі система збору нафтопродуктів також успішно експлуатується, підтверджуючи свою ефективність у боротьбі з забрудненням.

У країнах Євросоюзу екологічне законодавство є жорсткіше, ніж у багатьох інших країнах. Це стимулює залізничні компанії до впровадження ефективних систем збирання нафтопродуктів для уникнення штрафів та інших санкцій.

Система збирання нафтопродуктів на залізничних коліях є ефективним рішенням для захисту навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами. Досвід країн Євросоюзу, таких як Латвія та Литва, підтверджує високу ефективність цих систем. Встановлення та експлуатація таких систем може значно знизити екологічні ризики та

підвищити рівень екологічної безпеки на залізничних об'єктах, на відміну від бетонування.

Практика показала, що використання бетонування для збирання нафтопродуктів на залізничних коліях має низку недоліків, які в довгостроковій перспективі можуть значно перевищити початкову вигоду від низької вартості матеріалу. Бетонування може здаватися вигідним через нижчу вартість матеріалу в порівнянні з більш сучасними системами збору нафтопродуктів. Процес бетонування потребує значних трудових і матеріальних витрат на монтаж, особливо якщо враховувати необхідність підготовки поверхні та правильного налаштування системи стоку. Бетонні відмостки часто не забезпечують достатньої герметичності, що призводить до просочування нафтопродуктів у ґрунт і подальшого забруднення навколишнього середовища. Бетонні конструкції схильні до розтріскування та пошкоджень під впливом кліматичних умов, руху важкого залізничного транспорту та агресивного впливу нафтопродуктів. Це потребує частого ремонту, що збільшує витрати.

Також, для підтримання чистоти залізничних колій в США широко використовуються абсорбенти Oilbuster. Локомотиви під час руху викидають мастило і дизель на колії, а під час стоянки на станціях і під'їзних коліях витікає значна кількість мастила [15].

Очищення колії від нафти може бути трудомістким і дорогим процесом, як було описано вище. Oilbuster можна висипати на залізничні колії, і він миттєво поглинає дизельне паливо та нафту.

Oilbuster обробляє розливи нафти на залізничних коліях, а також на бетонних і асфальтових поверхнях.

За роки розливів на залізничних коліях утворюється товстий шар вуглеводнів завтовшки в кілька сантиметрів, через який ледве видно залізничні шпали. Приблизно за 40 днів можна очистити понад 80% нафти [15].

В Україні широко використовується сорбент «Еколан-М». Це препарат, який призначений для очищення забруднених вуглеводнями нафти і нафтопродуктів ґрунтів, природних водойм, акваторій і стічних вод промислових підприємств [16].

Нафтопоглинаючий сорбент «Еколан-М» розроблений Інститутом мікробіології та вірусології Національної академії наук України відповідно до положень Закону України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» і Постанови Кабінету Міністрів України №308 від 29.03.2001 про «Порядок створення та використання матеріальних резервів для запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і їх наслідків» [16].

«Еколан-М» має низку переваг порівняно з найбільш відомими в Україні препаратами для очищення забруднених нафтою та нафтопродуктами середовищ. Спеціально підібрані високоефективні композиції штамів мікроорганізмів, що мають високу здатність до синтезу поверхнево-активних речовин, дають змогу препарату забезпечувати деструкцію як розчинних, так і нерозчинних у воді компонентів нафти [16].

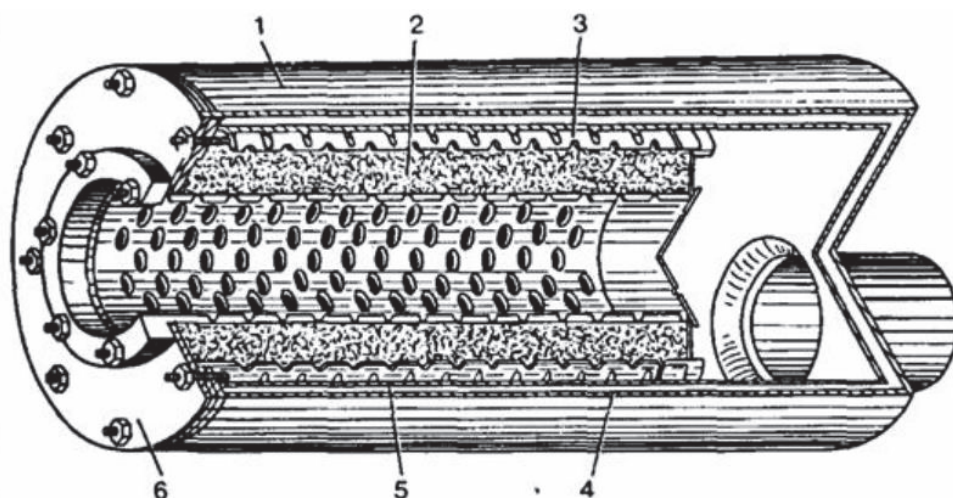
### **1.7 Способи та методи модернізації маневрових локомотивів**

Модернізація залізничного транспорту може бути досягнута шляхом створення гібридних маневрових тепловозів з рекуперацією енергії. Це дозволить суттєво знизити витрати палива, підвищити екологічність, зменшити шум та вібрацію, а також забезпечити надійну тягову потужність під час пікових навантажень

Компанія, яка прагне розробляти економічні технології для залізничної індустрії, створила прототип тепловоза з гібридним приводом під назвою «EvolutionHybrid». Цей гібридний локомотив має

повну потужність 4400 к. с. і використовує інноваційні системи живлення, які можуть зберігати енергію, що вивільняється під час гальмування. Накопичена енергія може використовуватися машиністом за необхідності. За оцінками фахівців компанії, використання батарей дозволяє знизити витрати палива на 15% і знизити рівень викидів на 50% порівняно з більшістю сучасних вантажних тепловозів, а також до 10% у порівнянні з нинішнім поколінням локомотивів серії Evolution.

Серед методів очищення вихлопних газів для зниження їх токсичності виділяється каталітичний метод. Каталітичний метод очищення ґрунтується на вибіркового прискоренні хімічної реакції та перетворенні забруднювача у нешкідливу речовину (рис. 1.3) [17].



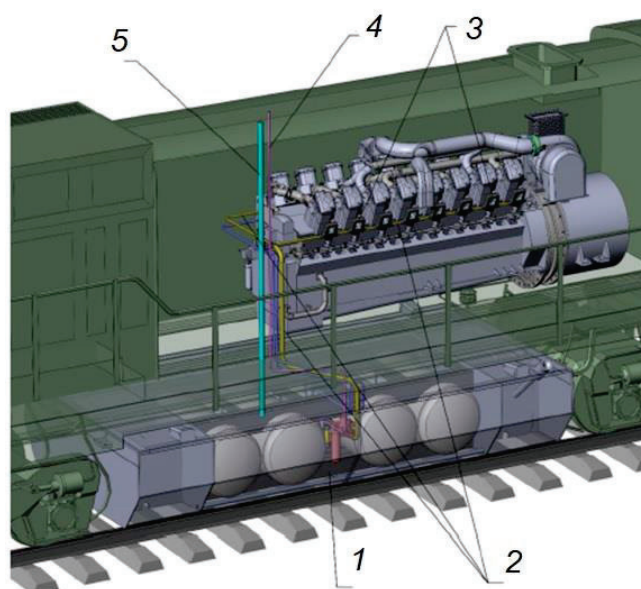
1 – корпус; 2 – реактор; 3 – сітка; 4 – теплоізоляція; 5 – каталізатор;  
6 – фланець

Рисунок 1.3 – Каталітичний нейтралізатор [17]

Для зниження токсичності вихлопних газів використовують каталітичні нейтралізатори, в яких забруднене повітря пропускається через каталізатор, найчастіше оксид алюмінію. Завдяки такому очисному обладнанню можна очистити повітря від чадного газу, вуглеводнів та оксидів азоту. У рідинних нейтралізаторах для зменшення вмісту альдегідів

і оксидів азоту застосовують 10%-ві водні розчини  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  або  $\text{NaHSO}_4$  з додаванням 0,5%-вого основного реагенту для запобігання передчасному окисленню. Таким методом можна повністю очистити гази від альдегідів, а вміст оксидів азоту знизити на 70%.

Модернізація тепловоза з двигуном GE C36 7I в газодизельний цикл передбачає впровадження новітніх технологій, які дозволяють використовувати скраплений природний газ (LNG) для підвищення ефективності та зменшення викидів забруднюючих речовин (рис. 1.4) [18].



1 – модуль зберігання та подачі газу; 2 – магістраль подачі газу; 3 – модулі упорскування газу; 4 – магістраль скидання газу; 5 – магістраль вентиляційна

Рисунок 1.4 – Газова система [18]

Тепловоз може працювати в газодизельному режимі з використанням до 70% газового палива. Дизельне паливо служить запальною дозою для забезпечення стабільної роботи двигуна. Також можливо використовувати лише дизельне паливо, що забезпечує гнучкість у виборі пального залежно від умов експлуатації [18].

Модернізація не вплине на кузов, що включає: міцність екіпажної частини; гальмівне обладнання; тягове електрообладнання; штатні системи управління та безпеки.

При модернізації потребується лише вдосконалення систем управління дизельним двигуном для оптимізації роботи в газодизельному режимі.

Модернізація тепловоза з двигуном GE C36 7I в газодизельний цикл є важливим кроком до зменшення екологічного впливу та підвищення ефективності використання пального. Цей підхід відкриває нові можливості для сталого розвитку залізничного транспорту.

### **1.8 Способи утилізації використаних дерев'яних шпал просочених креозотом**

Одним з найчастіших методів утилізації дерев'яних шпал – це їхнє спалювання. Проте, цей підхід має серйозний недолік: при спалюванні шпал, які містять креозот, виділяється велика кількість токсичних речовин, таких як феноли (II класу небезпеки), фенантрени (II), ацетон (IV), бутанол (III). Ці речовини негативно впливають на довкілля і здоров'я людини, сприяючи розвитку різних захворювань, включаючи онкологічні захворювання.

Також абсолютно неприпустимо використання старих дерев'яних шпал для будівництва різних споруд, таких як бараки, підсобні приміщення, настилі, містки тощо, через те, що вони можуть містити токсичні речовини. Крім того, такі споруди є пожежонебезпечними, оскільки вогонь може швидко поширюватися, і приміщення можуть загорітися за короткий час.

Піроліз, який є термічним розкладанням без доступу повітря відпрацьованих дерев'яних шпал з дистиляцією цієї кам'яновугільної олії, може стати перспективним методом утилізації шпал. Цей процес

відбувається в герметичних умовах, що дозволяє не лише запобігти забрудненню довкілля, але й отримати економічну вигоду. Правильно організований технологічний процес піролізу дозволить задовольнити енергетичні потреби процесу, а також використати надлишки тепла для технічних або побутових потреб.

Утилізація відпрацьованих дерев'яних шпал через газифікацію як палива розв'язує багато проблем, забезпечуючи:

- ефективне використання шпал для виробництва теплової енергії;
- дотримання Закону України «Про управління відходами» [9];
- заміщення природного газу і вугільного палива на відновлюваний вид палива – відпрацьовані залізничні шпали.

Отримана тепла енергія може бути використана для опалювання житлових і промислових будівель, що логічно закриває життєвий цикл дерев'яних залізничних шпал.

Одним з перспективних рішень є перехід до пластмасових шпал, які мають низку переваг. Вони не гниють, не розколюються і мають значно довший термін експлуатації. Пластмасові шпали можуть замінювати дерев'яні, використовуючи те саме обладнання для їх укладання. Однак найбільшою перевагою є можливість повторної переробки і використання пластмасових шпал.

### **1.9 Способи збирання нафтопродуктів на залізничних коліях**

Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях (рис.1.5) [19] вирішує дві основні задачі:

- забезпечення організованого збору стоку та його відведення на очисні споруди або в накопичувальні резервуари;
- очищення, збір та зберігання стоків.

Перше завдання вирішується за допомогою системи лотків, які мають необхідні ухили та деталі кріплення. Ці лотки відрізняються малою вагою та високою міцністю, порівнянною зі сталлю, оскільки виготовлені з армованого склопластику. Цей матеріал має неперевершену стійкість до всіх видів корозії. Подальше переміщення стоку відбувається або в накопичувач, або на очисні споруди залежно від проектного рішення, що відповідає вимогам другого завдання. Пропоновані ємності та очисні споруди також виготовляються зі склопластику.

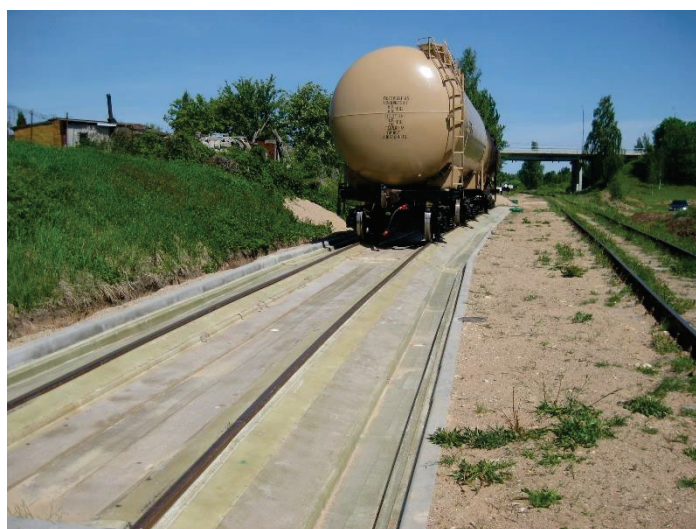


Рисунок 1.5 – Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях [19]

Монтаж такої системи досить простий і не потребує спеціальної підготовки. Після монтажу ємкісного обладнання та прокладання трубопроводів необхідно укласти лотки на піщано-гравійну подушку, закріпити їх між собою та встановити трапи.

Головні переваги системи [14]:

– надійний захист від нафтового забруднення. Ефективно запобігає розповсюдженню нафтових продуктів у навколишнє середовище;

- міцна, легка склопластикова конструкція. Стійка до механічних та хімічних впливів;

- висока конструкційна міцність. Поліефірна смола і полімербетон (штучний каменеподібний композиційний матеріал, що складається з високомолекулярних смол, дрібного й великого заповнювача, тонкомолотого наповнювача й добавок), з яких виготовлені залізничні піддони, мають високу міцність та стійкість до впливу масла, а також є непроникними для води;

- захист ґрунту. Ефективно захищає ґрунт від забруднення нафтою.

Дана система збору нафтопродуктів, завдяки своїм перевагам та принципу функціонування, є інноваційною.

За своєю суттю, система збору нафтопродуктів на залізничних коліях являє собою модульне покриття зі склопластикових піддонів, що ізолюють баластну призму (елемент верхньої будови колії, що укладається на земляне полотно для стабілізації рейко-шпальної решітки), на яку укладається щебневий баласт від потрапляння нафтопродуктів (рис. 1.6) [19], і мережу відведення зібраних нафтопродуктів на контур очищення або в накопичувальні ємності (рис. 1.7) [14]. Доцільність застосування цього продукту, підкріплена економічним обґрунтуванням, стає очевидною при порівняльному аналізі з подібними рішеннями зі збору нафтопродуктів (бетонні вимощення), що існують на даний момент.

Головні переваги системи:

- затримує 100% нафтового забруднення;
- надійна, легка склопластикова конструкція, стійка до механічних, хімічних впливів, ударів, холоду, сонячних променів і нафтопродуктів;

- поліефірна смола і полімербетон, з яких виготовлені залізничні піддони, мають високу конструкційну міцність, стійкість до впливу масла, непроникні для води;

- захищає ґрунт від забруднення нафтою;
- оберігає від забруднення навколишнього середовища;
- зібрані нафтопродукти можуть бути використані повторно.



Рисунок 1.6 – Розлив нафтопродуктів на залізничних коліях до встановлення системи збору нафтопродуктів [19]

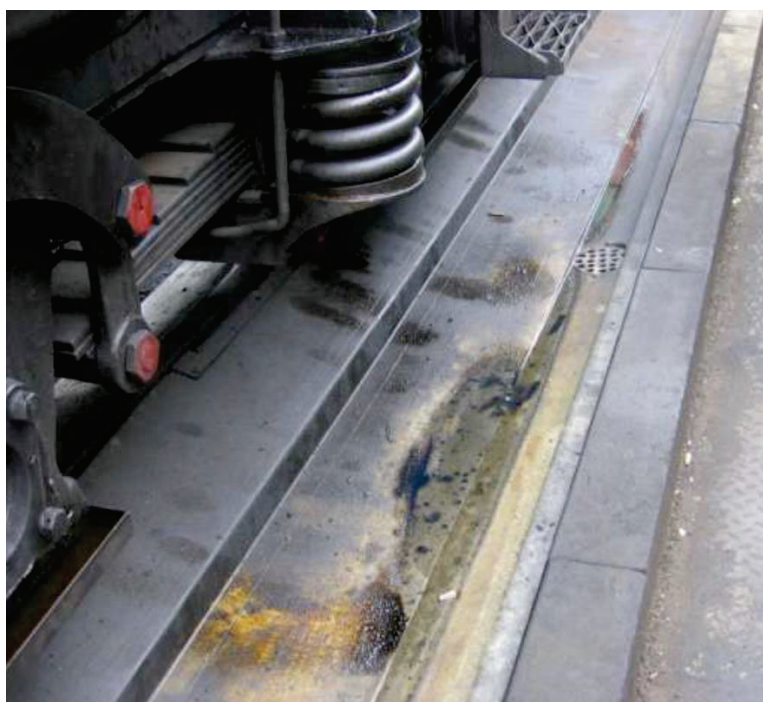


Рисунок 1.7 – Розлив нафтопродуктів на залізничних коліях після встановлення системи збору нафтопродуктів [14]

Широке використання отримали сорбенти для залізничних під'їзних колій, які використовуються роками, просякнуті нафтою та дизельним паливом.

Зазвичай залізничні підприємства кладуть абсорбуючі засоби між рейками, але це в кращому випадку тимчасовий захід (рис.1.8) [14].



Рисунок 1.8 – Залізнична колія покрита абсорбуючими засобами [14]

Нижче представлена інша технологія, яка є органічним та екологічне рішення для очищення залізничних колій.

Сорбенти рівномірно розподіляється по поверхні залізничних колій. Це можна зробити вручну або за допомогою садового обприскувача.

Кристали сорбенту, виготовлені на основі бджолиного воску, поглинають нафту і запускають процес біоремедіації.

Важкі нафтопродукти будуть повністю очищені за 30-40 днів. Залишків не залишиться.

Після очищення колії рекомендується використовувати комбінацію матування та абсорбенти для постійного підтримання чистоти колії в належному стані (рис. 1.9) [14].

Ця система матування найбільш підходить для станцій, де поїзди, що стоять на місці, можуть розливати мастило.

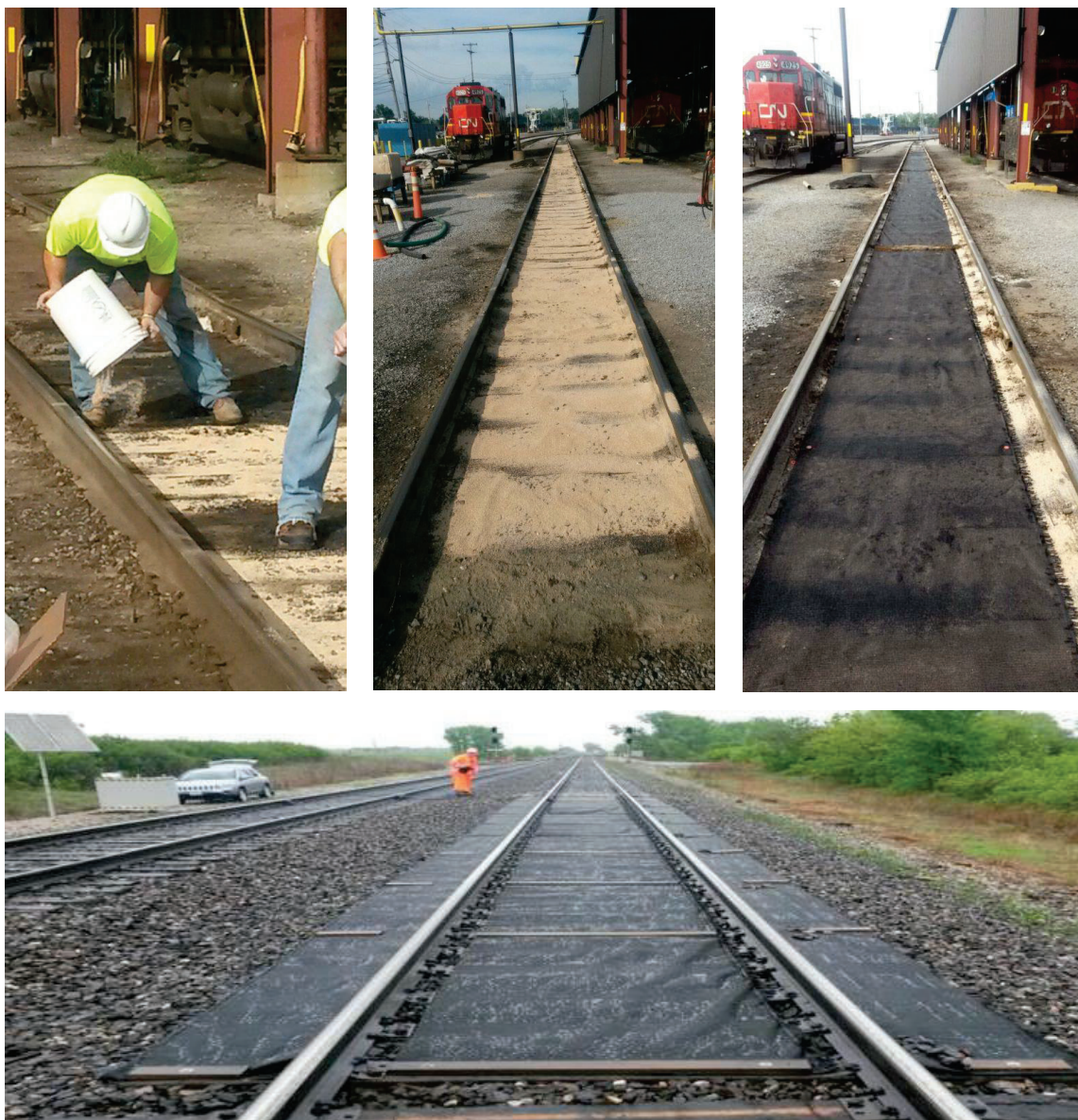


Рисунок 1.9 – Комбінований метод очищення залізничної колії [14]

Покриття має отвори, які заповнюються сорбентом, коли дизельне паливо падає на землю, воно негайно поглинається і відновлюється. Час від часу килимок потрібно повторно обприскувати абсорбуючим засобом [14].

Така система ефективно очищує ґрунт від нафтопродуктів, проте в Україні її поки не застосовують.

Натомість в нашій країні набув популярності сорбційний метод знешкодження проливів нафтопродуктів. Для очищення забруднених нафтою та нафтопродуктами середовищ використовується препарат "Еколан-М" (рис. 1.10) [16].

Спеціально підібрані високоефективні композиції штамів мікроорганізмів, що володіють високою здатністю до синтезу поверхнево-активних речовин, дозволяють препарату забезпечувати деструкцію як розчинних, так і нерозчинних у воді компонентів нафти [16].



Рисунок 1.10 – Біодеструктивний нафтопоглинаючий сорбент «Еколан-М» [16]

В одному грамі сорбенту міститься сто мільйонів бактерій-деструкторів нафтопродуктів. Мікроорганізми препарату здатні рости і проводити деструкцію вуглеводнів в широкому діапазоні мінералізації

середовища (0,05-7,0%), температури (+10 - + 40°C) і рН (4,5-9,0). Вони засвоюють широкий спектр вуглеводнів (сиру нафту, мінеральні масла, дизельне та авіаційне паливо, бензин, газ і інші нафтопродукти), кінцевими продуктами при розщепленні яких є екологічно нейтральні з'єднання, що не виявляють негативного впливу на екосистеми [16].

Після завершення процесу очищення – біомаса (внесені і розмножені в забрудненому середовищі мікроорганізми), відмирає і перетворюється в органічні речовини, які сприяють розвитку природної мікрофлори і відновленню екосистеми [16].

Виробництво препарату "Еколан-М" проводиться на вуглеводному субстраті, який дозволяє отримати мікроорганізми, адаптовані до реальних умов забруднення, і попередня активація препарату перед його застосуванням не потрібна [16].

Після обробки сорбентом не потрібно збирати небезпечні відходи з місця забруднення та проводити спеціальне знищення. "Еколан-М" екологічно нешкідливий, виготовлений з рослинної сировини, не містить патогенної мікрофлори і відповідає всім вимогам чинного санітарного законодавства України, що підтверджується висновком Державної санітарно-епідеміологічної експертизи [16].

### **1.10 Висновки до розділу 1**

Проблему оновлення парку тепловозів можна вирішувати двома шляхами: за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів або шляхом відновлення ресурсу існуючих тепловозів через проведення капітального ремонту з подовженням терміну служби або капітально-відновлювального ремонту з модернізацією та продовженням терміну служби.

Однією з основних проблем залізничних дивізіонів є збір проливів нафтопродуктів. Метод бетонування уступає системі збирання

нафтопродуктів на залізничних коліях, хоча і є економічно вигідним, але тільки на перший погляд. Реальні витрати на монтаж, частий ремонт та складність експлуатації зрештою нівелюють початкову вигоду. Альтернативні системи збору нафтопродуктів, які вже довели свою ефективність у країнах Євросоюзу, пропонують більш надійні та економічно доцільні рішення, забезпечуючи кращий захист навколишнього середовища та зниження довгострокових витрат.

Сорбенти для залізничних під'їзних колій, просочені нафтою та дизельним паливом, широко використовуються протягом багатьох років. Залізничні підприємства, як правило, використовують різні способи їх застосування, розміщують абсорбуючі матеріали між рейками, або використовують комбіновані методи.

Піроліз, який використовується для термічного розкладання відпрацьованих дерев'яних шпал, виявляється перспективним методом утилізації цих матеріалів. Правильно організований технологічний процес піролізу забезпечує задоволення енергетичних потреб процесу, а також можливість використання надлишків тепла для технічних або побутових потреб. Такий підхід є важливим кроком у напрямку сталого використання ресурсів та зменшення видалення відпрацьованих матеріалів у середовище.

## **2 ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДИВІЗІОНУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

Залізничний транспорт відіграє ключову роль у багатьох сферах життя, зокрема в економіці. Сьогодні екологічні принципи стають все більш важливими при вирішенні різних завдань.

У своєму розвитку залізничний транспорт потребує різних ресурсів, таких як територія, вода та енергія. Тому важливо враховувати не лише економічний ефект, але й стійкість навколишнього середовища. Це є ключовим фактором для стабільного соціально-економічного розвитку в довгостроковій перспективі.

Екологічний принцип проектування розвитку залізничного транспорту повинен охоплювати не лише природоохоронні заходи, а й усі сфери людської діяльності, оскільки виробнича діяльність залізничних підприємств часто негативно впливає на довкілля.

Сьогодні для оцінки природоохоронної діяльності та впливу залізничного транспорту на довкілля використовують різноманітні показники. Серед них: споживання води, скидання стічних вод, викиди в атмосферу, кількість джерел викидів, ефективність очищення, екологічні податки, вартість екологічного обладнання тощо.

Хоча вплив автотранспорту на довкілля добре вивчений, вплив залізничного транспорту на екосистеми прилеглих територій залишається недостатньо дослідженим.

Вивчення закономірностей та особливостей впливу залізничного транспорту на прилеглі території є надзвичайно важливим для оцінки та прогнозування стану навколишнього середовища, а також для розробки ефективних природоохоронних заходів.

До загальних забруднень, що спричиняються залізничним транспортом, можна віднести:

- забруднення повітря;
- забруднення ґрунту;
- забруднення води.

Найбільше негативного впливу на довкілля мають викиди відпрацьованих газів дизельних двигунів тепловозів, що погіршують якість повітря.

## **2.1 Оцінка впливу залізничного рухомого складу на атмосферне повітря**

Шкідливі речовини, що потрапляють в атмосферу від транспортних підприємств, енергетичних установок та транспортних засобів, розчиняються в повітрі та разносяться вітром на великі відстані.

Розсіювання забруднень призводить до зниження концентрації шкідливих речовин в місцях їх викиду, але водночас збільшує площу територій із забрудненим повітрям.

Все це пов'язано з тим, що локомотивний парк підприємства потребує термінової модернізації, так як вони досягла свого граничного терміну експлуатації. Ситуація з оновленням тепловозів критична, оскільки їх повна заміна потребує значних фінансових ресурсів, яких у підприємства наразі немає.

В Україні в сфері залізничного транспорту для забезпечення екологічної безпеки діє галузевий стандарт ГСТУ 32.001-94 [20], який регулює викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Цей стандарт встановлює норми та методи визначення викидів, що є важливими для контролю за якістю повітря та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Для того, щоб зрозуміти негативний вплив від викидів забруднюючих речовин з відпрацьованих газів тепловозних дизелів, необхідно провести розрахунки на концентрацію забруднюючих речовин, де величини середньоексплуатаційних питомих викидів забруднюючих речовин із відпрацьованих газів тепловозних дизелів не повинні перевищувати значень, наведені у таблиці 2.1 [20].

Таблиця 2.1 – Норми викидів забруднюючих речовин [20]

Найменування забруднюючої речовини	Норми викидів, г/(кВт·год) (величини середньоексплуатаційних питомих викидів ЗР із ВГ)*	
	дизель в експлуатації до 4-х років	дизель в експлуатації більше 4-х років
Оксиди азоту (у переліку на діоксид азоту)	18	18
Оксид вуглецю	10	12
Вуглеводні	4	4,5
Тверді частинки	0,2	0,4

Примітка. «\*» ЗР – забруднююча речовина

ВГ – відпрацьовані газы

Для розрахунку викидів забруднюючих речовин використані параметри з технічної документації підприємства, на якому проводилась виробнича практика, зокрема протокол екологічних іспитів тепловоза від 14.07.2020 р. Вимірювання викидів шкідливих речовин у атмосферу проводилися на реостатному пункті локомотивного депо Укрзалізниці на стенді випробування дизелів, який обладнаний газоаналізаторами, газовідбірним зондом та магістраллю, що подає відпрацьовані газы до газоаналізаторів. Результати вимірів занесені в таблицю 2.3.

Під час практики, було проведено теоретичне ознайомлення з самим процесом вимірювання концентрацій забруднюючих речовин у відпрацьованих газах тепловозних дизелів та порядок їх розрахунку.

Розрахунок здійснений відповідно ГСТУ 32.001-94 «Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення» [20].

Параметри забруднюючих речовин, що нормуються, визначаються на наступних режимах випробувань тепловозних дизелів [21]:

- $P_{e 100}$  – режим номінальної потужності, кВт;
- $P_{e 75} = 0,75 P_{e 100} \pm 5\%$ , кВт;
- $P_{e 50} = 0,5 P_{e 100} \pm 5\%$ , кВт;
- $P_{e 25} = 0,25 P_{e 100} \pm 5\%$ , кВт;
- $P_{e xx} = P_{\text{дод.мех.}}$  – режим тепловозного холостого ходу, кВт;

де  $P_{\text{дод.мех.}}$  – сумарна потужність допоміжного обладнання та механізмів тепловоза, кВт.

Номери позицій контролера машиніста для отримання вищевказаних потужностей для основних типів тепловозів наведено в таблиці 2.2 [20]. У даній таблиці наведено частоти обертання колінчастого валу дизеля на цих позиціях.

Відлік показань газоаналізаторів та приладів проводились на режимах, зазначених у табл. 2.2 щонайменше трьох разів із інтервалом 50...60 с.

Перший відлік показань газоаналізаторів та приладів слід проводити не раніше ніж через 300 с після стабілізації температурного стану дизеля тепловоза на режимі випробування, що характеризується сталістю температур охолоджувальної води та олії, їх тисків і сталістю частоти обертання колінчастого валу.

При відліку показань газоаналізаторів та приладів були включені компресор та вентилятори тепловоза ТЕМ-2.

Потребують подальшого розгляду:

– система каталітичного нейтралізатора (каталізатор), в якому відбуваються хімічні реакції, які перетворюють шкідливі компоненти вихлопу на менш небезпечні речовини;

– система гібридний локомотив, який працює за принципом, де дизельний двигун обертає тяговий генератор, який, у свою чергу, виробляє електроенергію. Ця енергія використовується для заряджання акумуляторних батарей та живлення двох тягових електродвигунів через перетворювачі. Акумуляторні батареї забезпечують додаткове живлення для електродвигунів, що дозволяє локомотиву працювати в гібридному режимі. Це, в свою чергу, знижує споживання дизельного пального та зменшує викиди шкідливих речовин.

## **2.2 Аналіз впливу небезпечних відходів, що виникають внаслідок роботи залізничного транспорту, на забруднення ґрунтів**

Оцінка впливу небезпечних відходів, які утворюються в процесі функціонування залізничного транспорту, є ключовим елементом екологічної безпеки. Основними небезпечними відходами в цій сфері є відпрацьовані дерев'яні шпали, оброблені креозотом.

Дерев'яні шпали, на відміну від залізобетонних, забезпечують необхідну жорсткість і пружність для ефективного сприйняття та рівномірного розподілу навантаження від колісних пар рухомого складу на рейки. До того ж, вони дозволяють без ускладнень змінювати ширину колії у кривих малого радіусу, що є важливим для запобігання можливому сходу вагонів у певних випадках.

Також дерев'яні шпали мають високі діелектричні властивості, тоді як залізобетонні шпали, завдяки використанню металевої арматури, добре проводять електричний струм.

Використані шпали, що відслужили свій термін, потребують утилізації або захоронення на спеціалізованих полігонах для промислових відходів. Однак площа таких полігонів обмежена, і через їх переповненість або відсутність, старі дерев'яні шпали часто зберігають у невідповідних місцях. Це створює значний негативний вплив на довкілля, тому питання утилізації шпал є надзвичайно актуальним.

Існує також проблема з пошуком ліцензованих підприємств, які займаються утилізацією токсичних відходів. У результаті підприємства, що мають такі відходи, змушені незаконно спалювати їх, продавати працівникам для використання у вугільних печах або зберігати шпали, просочені креозотом, на необладнаних територіях. Це робить такі відходи токсичними й небезпечними як для здоров'я людей, так і для довкілля.

Одним із найпоширеніших методів утилізації дерев'яних шпал є спалювання. Проте цей спосіб має значний недолік: під час згоряння шпал, просочених креозотом, у повітря виділяється велика кількість токсичних речовин, таких як феноли (II клас небезпеки), фенантрени (III), ацетон (IV), і бутанол (III). Ці шкідливі сполуки негативно впливають не лише на довкілля, але й на здоров'я людей, підвищуючи ризик розвитку різних захворювань, зокрема онкологічних [23].

Унаслідок виділення токсичних речовин абсолютно неприпустимим являється також використання старих дерев'яних шпал для будівництва різних бараків, підсобних приміщень, настилів, містків і тому подібне. Окрім, того, такі будови пожежонебезпечні — вогонь швидко поширюється, приміщення згорає за 15-20 хвилин [23].

Перспективним способом утилізації шпал може бути піроліз – термічне розкладання без доступу повітря відпрацьованих дерев'яних шпал з дистиляцією кам'яновугільної олії. Застосування піролізу для утилізації шпал дасть можливість не лише запобігти забрудненню довкілля, оскільки процес йде в герметичних умовах, але і отримати економічну вигоду. При правильній організації технологічного процесу

цей метод утилізації дозволить не лише покрити енергетичні потреби процесу піролізу, але і використати надлишки тепла, що виробляється, в технічних або побутових потребах [23].

Утилізація відпрацьованих дерев'яних шпал, як палива на основі технології газифікації, дозволяє вирішити усі насущні проблеми, забезпечивши:

- ефективне використання шпал як палива для виробництва теплової енергії;
- необхідні екологічні показники;
- заміщення значної кількості природного газу і вугільного палива на поновлюваний вид палива – відпрацьовані залізничні шпали.

Отримана тепла енергія може бути використана для систем опалювання як житлових, так і промислових об'єктів. Усе це дозволить логічно замкнути життєвий цикл використаних дерев'яних залізничних шпал, давши їм можливість повторно ефективно відпрацювати на завершальній стадії існування [23].

Отже, проаналізувавши негативний вплив небезпечних відходів залізничного транспорту, можна зробити висновок, що піроліз є найбільш ефективним способом утилізації дерев'яних шпал, просочених креозотом. Цей метод дозволяє замкнути життєвий цикл небезпечних відходів, перетворюючи їх на джерело додаткової теплової енергії.

### **2.3 Оцінка впливу залізничного транспорту на забруднення ґрунтів**

Залізничний транспорт негативно впливає на екологічний стан ґрунту вздовж залізничних колій, суттєво порушуючи його функціональні характеристики. Це може призвести не лише до зниження родючості ґрунту, але й до його деградації.

Для виконання технічного обслуговування транспортних засобів задіяні підрозділи, зони періодичних та оперативних форм технічного обслуговування. Виконання ремонтних робіт проводиться на виробничих ділянках. Використовувані в процесах технічного обслуговування (ТО) та ремонту технологічне обладнання, верстати, засоби механізації та котельні установки є стаціонарними джерелами забруднюючих речовин.

До стаціонарних джерел забруднення нафтопродуктами, пов'язані з рухомим складом, відносяться стоянки та місця відстою рухомого складу, які розташовані на спеціально відведених ділянках колії відкритого типу.

Забруднення ґрунту нафтопродуктами відбувається через зношеність рухомого складу (протікання відпрацьованого моторного масла з негерметичних вузлів та деталей локомотивів) та технологічні операції, такі як зупинка та торкання локомотива, що призводить до виливання рідких мастильних матеріалів з букс колісних пар.

Від цих джерел забруднення формується поверхневий стік, який включає дощові та талі снігові води. Ці води утворюються внаслідок різних виробничих процесів і можуть містити забруднюючі речовини у вигляді нафтопродуктів.

Нафтопродукти, які потрапляють зі стічними водами у водойми, викликають глибокі зміни у складі водних біоценозів. Це відбувається через те, що нафтопродукти проникають у всі шари водойми: одна частина компонентів нафтопродуктів осідає на дно водойми, що може призводити до забруднення донних відкладень і впливати на організми, які живуть на дні, друга частина нафтопродуктів перебуває у вигляді суспензій та емульсій у товщі води, що ускладнює доступ світла до водоростей і інших фотосинтетичних організмів, а решта нафтопродуктів може бути у молекулярно розчиненому стані, що робить

їх доступними для всіх водних організмів, які можуть зазнавати негативного впливу.

Таким чином, всі водні організми, незалежно від їхнього місця проживання, відчувають на собі негативний вплив нафтопродуктів, що може призводити до зниження їхньої життєздатності, зміни в популяціях та навіть до загибелі. Це підкреслює важливість контролю за забрудненням водних ресурсів для збереження екологічної рівноваги.

Для дослідження забруднення ґрунту на залізничних коліях підприємства, де проходила практика, мною використані дані за 2017 рік, а саме акт відбору зразків ґрунту. Аналіз проводила підрядна організація. Під час практики мене ознайомили з порядком відібрання проб ґрунту, а саме з тим, що точкові проби на забруднення ґрунту були відібрані ножем біля колій відстою маневрових локомотивів та біля колій зливу палива та мастильних матеріалів. Об'єднану пробу складено шляхом змішування точкових проб, відібраних на кожній окремій пробній території.

Для хімічного аналізу об'єднану пробу складено не менше ніж із п'яти точкових проб, взятих із одного пробного майданчика. Маса об'єднаної проби 1 кг [24].

Для контролю забруднення поверхнево розподільними речовинами – нафтопродукти та важкі метали – точкові проби відібрані пошарово з глибини 0-5 см та 5-20 см масою трохи більше 200 г кожна [24]. Результати вимірів важких металів у ґрунті наведені у табл. 2.6 та представлені візуально у вигляді діаграми (рис. 2.3).

Забруднення ґрунту на станції нафтопродуктами, включаючи також і дизельне паливо, визначено гравіметричним (арбітражним) методом екстрагування гексаном у лабораторії підрядної організації. Результати досліджень вказують на сильне забруднення ґрунту на станціях, оскільки вміст нафтопродуктів коливається від 3000 до 4800 мг/кг при величині ГДК 1000 мг/кг з урахуванням фону [25]. Це свідчить

про потенційні екологічні ризики, які можуть вплинути на здоров'я рослин, тварин і людей.

Таблиця 2.6 – Вміст важких металів у ґрунті

Елемент	Клас небезпеки	Величина концентрації поверхневого шару ґрунту, мг/кг з урахуванням фону (кларка)	Величина концентрації нижчого шару ґрунту, мг/кг з урахуванням фону (кларка)	Величина гранично допустимої концентрації (ГДК), мг/кг з урахуванням фону (кларка) [25]
Zn	1	98	75	23
Pb	1	128	86	32
Ni	2	25	12	4
Cu	2	18	9	3
Cr	2	0,85	0,4	0,05
Mn	3	1800	1650	1500

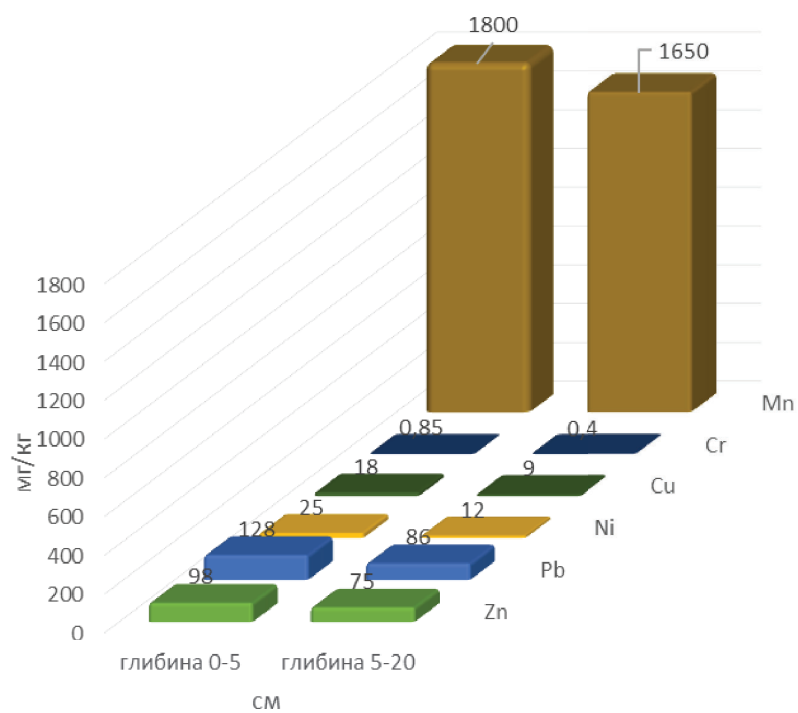


Рисунок 2.3 – Вміст важких металів у ґрунті

Отже, на основі проведеного аналізу вмісту важких металів (цинк – Zn, свинець – Pb, марганець – Mn, мідь – Cu, нікель – Ni, хром – Cr) та нафтопродуктів у ґрунтах залізничної станції, можна зробити висновки:

– ґрунти в місцях стоянки та відстою рухомого складу виявилися дуже забрудненими важкими металами та нафтопродуктами. Це свідчить про негативний вплив діяльності залізничного транспорту на навколишнє середовище;

– основними джерелами забруднення можуть бути: витіки нафтопродуктів з рухомого складу, вплив атмосферних опадів, які можуть переносити забруднюючі речовини;

– високий вміст важких металів у ґрунті може призвести до погіршення якості ґрунту, негативного впливу на рослинність та тваринний світ, потенційної загрози для здоров'я людей, які проживають поблизу.

Для покращення ситуації у наступному розділі будуть запропоновані заходи щодо зменшення викидів забруднюючих речовин у ґрунти.

## **2.4 Висновки до розділу 2**

Розрахунки викидів від маневрового складу показали значне перевищення допустимих норм для оксидів азоту, оксиду вуглецю та вуглеводнів. Також, питомі викиди твердих частинок значно перевищують норму на всіх режимах роботи. Це свідчить про негативний вплив маневрового складу на навколишнє середовище. Тому потребують розгляду технології, які допоможуть зменшити викиди забруднюючих речовин у повітря: каталітичний нейтралізатор та гібридний локомотив.

Аналіз небезпечних відходів залізничного транспорту показав, що піроліз є найефективнішим способом утилізації дерев'яних шпал, просочених креозотом. Цей метод не лише знищує небезпечні відходи, але й перетворює їх на джерело додаткової теплової енергії, замикаючи цикл їхнього використання. У наступному розділі буде проведено детальний розрахунок економічної доцільності та перспективності цього методу.

Аналіз ґрунту на залізничній станції виявив високий рівень забруднення важкими металами та нафтопродуктами, що свідчить про негативний вплив залізничного транспорту на навколишнє середовище. Основними джерелами забруднення є витоки з рухомого складу та стоки атмосферних опадів. Таке забруднення може призвести до погіршення якості ґрунту, негативно вплинути на рослинність, тваринний світ та здоров'я людей. У наступному розділі будуть запропоновані заходи щодо зменшення надходження забруднюючих речовин у ґрунти.

## **3 ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДИВІЗІОНУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

### **3.1 Екологічно безпечні технології утилізації дерев'яних шпал в умовах погіршення екологічної ситуації**

В умовах погіршення екологічної ситуації в країні надзвичайно важливо розробляти ресурсозберігаючі та екологічно обґрунтовані технології утилізації відходів транспортної галузі.

Шпали є елементами залізничних колій, які виконують функції забезпечення стабільності ширини колії, передачі навантаження від рейок на баластну подушку та закріплення колії на дорожньому полотні. Для їх виготовлення використовують різні матеріали, такі як деревина, залізобетон, метали і полімери. Наразі близько 60% залізничних колій на підприємстві прокладено з дерев'яними шпалами.

Дерев'яні шпали мають термін служби від 7 до 15 років [26] при інтенсивній експлуатації. В Україні шпали виготовляють переважно з деревини сосни. Головною проблемою дерев'яних шпал є їх загнивання в місцях кріплення рейок.

Щорічно під час ремонту під'їзних колій утворюється близько сімнадцяти тисяч (табл. 3.1) [27] відпрацьованих дерев'яних шпал (ВДШ). Утилізація цих шпал є складним завданням, оскільки вони відносяться до екологічно небезпечних відходів, що негативно впливають на здоров'я людей та навколишнє середовище. Водночас, сучасні методи утилізації виявляються малоефективними та енерговитратними.

За структурно-механічними характеристиками дерев'яні шпали суттєво відрізняються від вихідної деревини. Для продовження терміну

служби шпали обробляють антисептичними засобами, які містять органічні сполуки з високою леткістю.

Таблиця 3.1 – Аналіз заміни відпрацьованих дерев'яних шпал [27]

Найменування станції	Кількість шт./рік
Капітальна	800
Новатор	1200
Нова	960
Центральна	800
Шахтна	2000
Транзитна	1850
Всього	7610

Технологія виготовлення дерев'яних шпал включає два основні етапи: перший етап: підготовка деревини відповідно до заданих розмірів та вимог на лісопильних підприємствах; другий етап: просочення заготовок на шпалопросочувальних заводах. Для цього використовують кам'яновугільні масла, креозот або термokatалітичну рідину (ТКР).

Кам'яновугільна олія – це продукт переробки кам'яновугільної смоли, отримуваної при перегонці смоли при температурі від 200 до 400°C. Це рідина темно-коричневого кольору (питома вага 1,05-1,10 г/см<sup>3</sup>, температура кипіння 180-200°C) з різким ароматом. Периферійна частина шпали складається на 80% з кам'яновугільної олії, яка містить 20,1% фенолів, 17,2% фенантренив, 16,9% піренів, 22% ацетону і 12% бутанолу [28]. Кам'яновугільна олія відноситься до відходів, які вважаються небезпечних [29].

Креозот – це безбарвний або слабо забарвлений хімічний препарат, який має маслянисту консистенцію та добувається з кам'яновугільного дьогтю. Він складається з суміші фенолів, переважно гуайаколу та крезолів. Це легкозаймиста речовина з різким і стійким

запахом, яка при випаровуванні виділяє пари, шкідливі для живих організмів, і має погану розчинність у воді [30]. Креозот відноситься до небезпечних відходів [29].

Креозот діє подібно до фенолів, але менш інтенсивно впливає на нервову систему, підвищуючи чутливість шкіри до світла. Згідно з останніми дослідженнями, креозот вважається потенційним канцерогеном.

У зв'язку з цим дедалі більше постає проблема ефективної та економічно доцільної утилізації шпал різних типів. На рисунку 3.1 показано можливі методи утилізації ВДШ.

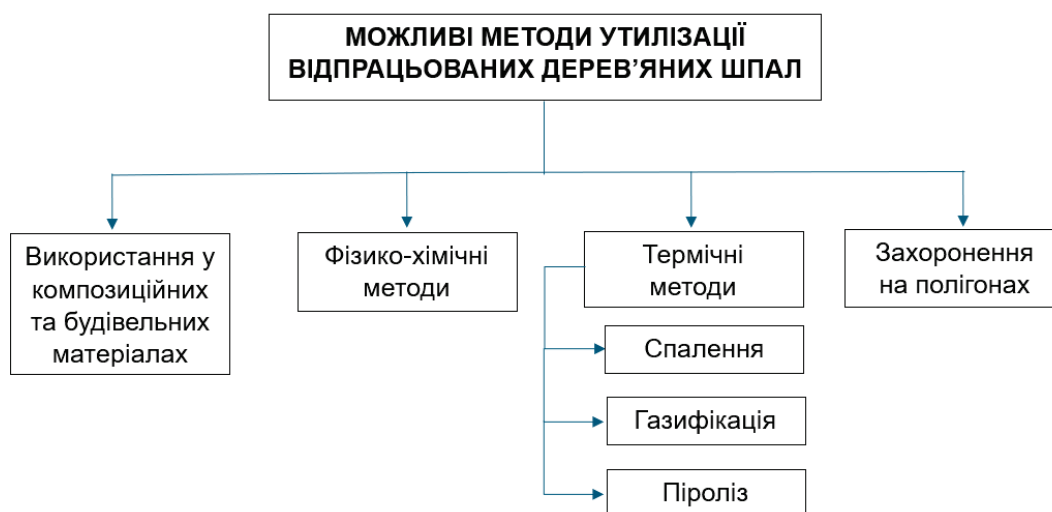


Рисунок 3.1 – Методи утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал

Виведені з експлуатації після закінчення терміну служби ВДШ зберігаються на спеціально обладнаних полігонах для промислових відходів. На даний момент такі полігони тріщать по швах [31]. Часто, через переповненість полігонів, відпрацьовані шпали накопичують і складають у місцях, не призначених для зберігання, що призводить до вимивання токсичних і шкідливих речовин в навколишнє середовище. Це, у свою чергу, погіршує екологічну ситуацію та може призвести до санкцій і штрафів з боку органів охорони навколишнього середовища.

Для використання ВДШ як композиційних та структурних матеріалів необхідно забезпечити повну нейтралізацію або ізоляцію токсичних компонентів кам'яновугільного масла. В іншому випадку виділення токсичних сполук призведе до вторинного забруднення навколишнього середовища [32].

Такі термічні процеси, як спалювання, газифікація та піроліз є основними промисловими методами утилізації твердих органічних відходів. Найстарішим і найпоширенішим серед них є спалювання. Оскільки шпали обробляють антисептичними засобами, під час їхнього спалювання утворюються димові гази, що містять токсичні канцерогенні речовини, такі як ацетон, бутанол, феноли та фенантрени, у високих концентраціях. Ці речовини, потрапляючи в атмосферу, можуть викликати важкі отруєння людей та сприяти розвитку серйозних захворювань. Знизити концентрацію токсичних речовин до прийняттого рівня для довкілля та здоров'я людини можна шляхом спалювання шпал разом з іншими видами палива, однак це потребує значного надлишку альтернативного палива.

Обладнання для виробництва електроенергії з газифікації ВДШ в основному складається з газифікатора та обладнання для виробництва електроенергії з синтез-газу, доповненого обладнанням для подрібнення та барабанним сушильним обладнанням. Весь комплект обладнання має модульну конструкцію, що зручно для транспортування та встановлення. Газифікатор використовує технологію низхідного потоку, киплячого шару та сухого очищення, завдяки чому ВДШ може бути повністю розкладена. Система автоматичного керування використовується для реалізації автоматичної роботи обладнання, яке не потребує багато ручних операцій і економить працю.

Групове керування генератором синтез-газу: модуль керування приймає технологію керування генераторної установки з мікропроцесором як ядром, який має багато функцій, таких як

автоматичний запис даних, автоматична робота, автоматичне керування, автоматичний захист тощо, і має хорошу надійність і стабільність. Параметри роботи установки відображаються на великому рідкокристалічному екрані, який показує великі і точні дані. Установка охоплює невелику територію і не потребує експропріації надто великих земельних ресурсів (рис.3.2) [33].



Рисунок 3.2 – Газифікатор, сицилійський проект, Італія [33]

Сировина з ВДШ надходить в реактор газифікатора, який нагрівається і сушиться. Потім із підвищенням температури леткі речовини відокремлюються при високій температурі. Отриманий газ і ВДШ реагують з повітрям, що подається в зону окислення, з утворенням  $\text{CO}_2$  і пари. Тепло, що виділяється при спалюванні, використовується для підтримки ендотермічної реакції сушіння, розкладання та нижньої зони відновлення. Газ, що утворюється після згоряння, буде проходити через зону відновлення та реагувати з високотемпературним шаром вуглецю ( $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$ ,  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{CO}$ ), щоб утворити синтез-газ, що містить  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та інші компоненти, який виводиться з нижньої частини та відправляється для використання після видалення смоли та інших домішок системою очищення. Зола виводиться з нижньої частини газифікатора (рис.3.3) [33].



Рисунок 3.3 – Принцип газифікації [33]

Технологія з газифікації дозволяє виробляти електроенергію. Технологія виробництва енергії з газифікації ВДШ, використовує обладнання для газифікації, щоб перетворити тверду масу у горючу масу синтез-газу. Керуючи процесом реакції, вуглець, водень і кисень хімічно реагують для синтезу монооксиду вуглецю та водню. Вихід синтез-газу з ВДШ генерується генераторною установкою для синтез-газу та інтегрується в електромережу, далі перетворюється в електроенергію і приносить економічну вигоду. У реакторі газогенератора з низхідним потоком, коли діоксин, що утворюється в зоні окислення відходів, проходить через зону відновлення високотемпературного вуглецевого шару, оскільки температура зони відновлення становить 800-1200 °С, що вище температури термічного розкладання діоксину на 700 °С, діоксин термічно розкладається. Таким чином, вміст діоксину в синтез-газі дуже низький, що нижче міжнародного стандарту [33].

Утилізація ВДШ за допомогою газифікації забезпечує меншу кількість газів, які підлягають очищенню, у порівнянні зі спалюванням. Газифікація — це термічний процес високої температури, що передбачає взаємодію органічної маси або її перероблених продуктів з окислювальними або відновлювальними агентами [34]. Внаслідок цього органічні матеріали або продукти їх термічної обробки перетворюються на горючі гази, які після очищення можуть бути використані для виробництва теплової або електричної енергії [35]. Однак недоліком газифікації є необхідність застосування дорогої системи очищення генераторного газу від термодинамічно стійких токсичних сполук, що містять кам'яновугільне масло.

Піроліз є перспективним методом знешкодження залізничних шпал. Окрім функції знешкодження, цей процес слугує для отримання твердого палива, яке, завдяки термічній обробці, не містить шкідливих домішок. Отримана зола є вугільним концентратом, теплотворна здатність якого зростає з підвищенням температури. Більш того, процес низькотемпературного піролізу призводить до того, що субстрат після термічної обробки має вищу теплоту згоряння в порівнянні з деревиною, з якої була отримана основа. Це пов'язано з підвищеною концентрацією елементарного вуглецю в біомасі. Проведення термічної нейтралізації при температурі 400 °С дозволяє зберегти близько 75% хімічної енергії біомаси у вугіллі, при цьому вага шпал змінюється менш ніж на 50%. Цей метод дозволяє виробляти паливо з теплотою згоряння, порівнянною з теплотою згоряння вугілля, використовуючи відходи, які важко утилізувати. Видалення органічних просочень із залізничних шпал відбувається при температурі від 200 до 400 °С. Найбільш інтенсивне випаровування відбувається від 200 до 250 °С, при якому видалається більша частина просочення [7].

Вугілля зроблене із ВДШ можливо використати в побутових і промислових цілях (опалювання котлів, титанів, і ін.) або реалізоване.

Вуглевипалювальна піч ВП-2 "ЄВРО" – друге покоління печей серії «ЄВРО», які призначені для низькотемпературного піролізу вуглецевих матеріалів з метою отримання високоякісного деревного вугілля та теплової енергії [31].

Унікальність печі полягає в тому, що не потрібно переміщувати сировину з камери в камеру, цей процес проходить автоматично, що забезпечує високу продуктивність при відносно низьких витратах [31].

Виробництво деревного вугілля складається з технологічної схеми, кожен етап якої є дуже важливим (рис.3.4) [31].



Рисунок 3.4 – Класична схема виробництва деревного вугілля [31]

Підготовка сировини. Для оптимізації процесів сушіння та піролізу сировини, необхідно подрібнити – розрізати, розколоти деревину, це гарантує рівномірне висихання та піроліз сировини.

Завантаження сировини в піч. Сировина завантажується в камеру – піч, при цьому дуже впливає положення сировини в печі.

Сушка сировини. Дуже важливим є плавний нагрів сировини – це гарантує максимальні якісні та кількісні показники деревного вугілля. У

класичних технологіях чітке відокремлення процесу сушіння від процесу піроліз фактично неможливе.

Піроліз сировини. Після завершення процесу сушіння, відбувається основний процес «піроліз» – процес карбонізації сировини.

Прокалювання сировини. При необхідності високого вмісту нелетучого вуглецю, необхідно виконати прокалювання сировини – видалення залишків летючого вуглецю. У класичних технологіях проведення даного процесу фактично неможливе [31].

Охолодження вугілля. Після завершення процесу «піроліз» з метою вивантаження, необхідне охолодження сировини, до температури за якої вугілля не запалає.

Вивантаження вугілля. Проводиться вручну з печі, зазвичай з використанням вугільних вил.

Стабілізація вугілля. Дуже важливий процес, яким зловживають багато вуглепалів, полягає у взаємодії деревного вугілля із атмосферним повітрям.

Розфасовка вугілля. Фактичне завантаження сировини у тару споживача.

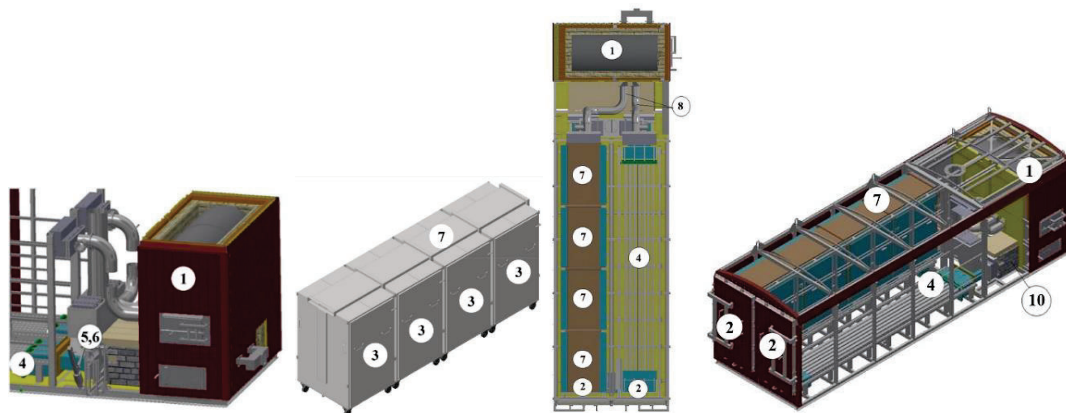
Процеси, що проходять у печі, поєднані один з одним: 3, 4, (рис. 3.5).

Процеси, що проходять поза межами печі: 1, 2, 6, 7, 8 та 9 (рис.3.6).

Основні елементи печей серії «ЄВРО» описані на рисунку 3.5 [31].

Принцип роботи унікальної технології печей типу «ЄВРО» полягає у завантаженні сировини до «оборотних» вагонеток поза межами печі, тобто на передбаченому на майданчику місці, переміщення та завантаження вагонеток відбувається із використанням спеціальних «платформ» електричної лебідки. Піч складається з двох камер сушіння-піролізу (рис. 3.6) та топкового пристрою. Кожна з камер може працювати, як у режимі «сушіння», так і «піроліз», при цьому процес забезпечується за рахунок спалювання піролізного газу, що виділяється в процесі, первинно теплоносій подається до камери із режимом «піроліз», вторинно –

«сушіння», при необхідності, в камері здійснюється «прокалювання деревного вугілля». Охолодження, стабілізація та вивантаження деревного вугілля – відбуваються поза межами камери [31].



1 – камера згоряння; 2 – камери сушіння-піролізу у кількості 2-х одиниць; 3- оборотні вагонетки, у кількості 12-16 штук, в залежності від моделі; 4 – жарові труби – теплообмінник; 5 – шибєрні заслонки топки – пристрої для зміни режимів камери; 6 – шибєрні заслонки димової труби; 7 – газовий колектор; 8 – труби піролізного газу; 9 – засуви парові; 10 – засуви газові; 11 – водяний засув; 12 – труба витяжна; 13 – щит управління КВП та АСУ; 14 – свіча допалювання або допалювач

Рисунок 3.5 – Основні елементи печі ВП «ЄВРО» [31]

Технологія дозволяє використовувати різну сировину для піролізу: дерев'яні шпали, кускові деревні відходи лісозаготівель та деревообробки; дров'яна деревина м'яких і твердих порід; різноманітні паливні брикети; сільсько-господарські відходи; шкаралупа горіхів (кокосовий, волоський, лісовий і т.д.)

Теплова потужність залежить від числа одночасно завантажуваних камер, з однієї тони відпрацьованих шпал виробляється 250 кг деревного вугілля і 1,5 гіга калорій теплової енергії. Типовий комплекс для утилізації 10 000 шпал в місяць складається з 6 печей, які роблять 170 тонн вугілля і 1200 Гіга калорій тепла.

Вартість гіга калорії тепла, зробленого на комплексі, в 2,5 разу нижче традиційної. Комплекси можуть розташовуватися на території підприємства і забезпечувати його теплом [31].

Основні параметри печі ВП «ЄВРО» наведені у табл. 3.3 [31].

Таблиця 3.3 – Основні параметри печі ВП «ЄВРО» [31]

Показники	Од. вим.	Значення
Продуктивність*: по деревині та брикетам	т/міс	25-45
Споживання електроенергії, не більше	кВт/год.	1,2
Витрати дров для топки*	м <sup>3</sup> /добу	0,1
Габаритні розміри контейнера: довжина, ширина, висота	мм	4750×8800×2400
Тривалість повного циклу*	год	18-36
Маса	т	13
Гарантійне обслуговування	міс	12

Примітка: «\*» – Значення параметрів залежить від наступних факторів: вологість деревини, порода деревини (мін. тополя, макс. граб, кримський дуб); розмір шматка. Особливо істотно знижує продуктивність та підвищує витрати дров для топки збільшена вологість у порівнянні з номінальною (55% відн. вол.). При вологості 75% відн. вол. (свіжозрубана листяна деревина в період сокоруху) продуктивність знижується на 15-20%.

З екологічної точки зору піроліз є перспективним і більш безпечним методом утилізації органічних відходів, оскільки здійснюється в

герметичних умовах і супроводжується значно меншою кількістю викидів газів порівняно зі спалюванням і газифікацією.

### **3.2 Перспективні системи очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів**

#### **3.2.1 Система очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів**

Дизельні двигуни є чудовим джерелом енергії, за винятком їхніх викидів. Тверді частинки (ТЧ)/сажа – це є постійною проблемою, що викликає проблеми з навколишнім середовищем та здоров'ям у всьому світі. Перспективною системою очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів є каталітичний нейтралізатор з активним сажовим фільтром (АСФ), призначений для контролю викидів твердих частинок з дизельних двигунів локомотива (GreenTRA NOVA від Nett Technologies) (рис. 3.7) [36].



Рисунок 3.7 – Система очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів [36]

Система GreenTRAP NOVA використовує АСФ після дизельного каталізатора окислення (ДКО) для уловлювання сажі (рис. 3.8) [36], що

виробляється дизельними двигунами. Система використовує каталізатор на внутрішніх поверхнях стінок АСФ, який знижує температуру регенерації і, таким чином, дозволяє системі пасивно регенерувати при сприятливих робочих температурах вихлопних газів двигуна. Коли температура недостатня для пасивної регенерації, використовується активна регенерація за допомогою впорскування вуглеводнів (палива) над каталізатором окислення [36].

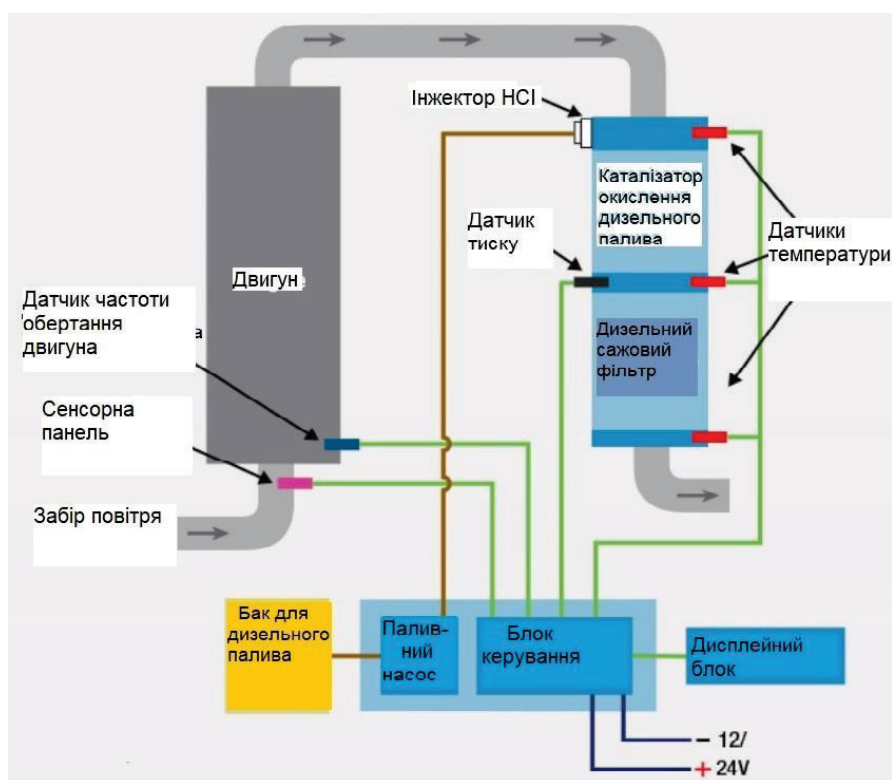


Рисунок 3.8 – Система очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів [36]

Електронний блок керування (ЕБК) оцінює параметри системи, такі як температура, тиск і масова витрата вихлопних газів, в режимі реального часу і використовує ці значення для прогнозування та активації циклу регенерації. На додаток (рис.3.9) [36] до 95% скорочення викидів твердих частинок, система здатна зменшити викиди оксиду вуглецю (СО) та вуглеводнів (НС) більш ніж на 90% та 80% відповідно.



Рисунок 3.9 – Ефективність фільтрації забруднюючих речовин дизельним локомотивом [36]

GreenTRAP NOVA чудово зменшує смертельно небезпечні викиди, такі як оксид вуглецю (CO), вуглеводні (HC) та тверді частинки (PM).

До переваг цієї системи можна віднести: регенерацію, що відбувається на ходу, систему розроблено для встановлення в тісному моторному відсіку; міцна конструкція з безшумною роботою, опціональний комп'ютеризований контролер з трьома налаштованими сигналами тривоги та можливістю реєстрації даних, корпус з нержавіючої сталі, енергоефективний з потребою в паливі менше 1% від загального споживання палива двигуна, інтервали технічного обслуговування системи від 2000 до 6000 годин [36].

Система GreenTRAP NOVA реєструє і вимірює різні параметри двигуна та системи, щоб точно визначити, коли потрібно активувати цикл регенерації. Регенерація активується шляхом впорскування точної кількості дизельного палива у вихлопну лінію, яке потім окислюється за допомогою каталізатора окислення дизельного палива. Екзотермічна реакція всередині ДКО підвищує температуру вихлопних газів до рівня, достатнього для регенерації сажового фільтра. Нагріті вихлопні гази окислюють тверді частинки (сажу), накопичену на моноліті сажового фільтра. Орієнтовний об'єм сажі, що затримується у фільтрі,

розраховується на основі витрати вихлопних газів, навантаження двигуна, протитиску, температури вихлопних газів та індексу навантаження сажі [36].

Електронний блок керування GreenTRAP NOVA безперервно контролює та вимірює показники всіх датчиків та компонентів системи. Вбудовані функції безпеки допоможуть уникнути перевантаження системи сажею, високого протитиску або температури в системі в будь-який час. Крім того, бортовий діагностичний блок інформує оператора про стан системи та потенційні проблеми за допомогою індикатора на приладовій панелі. Завдання блоку управління можна довести температуру відпрацьованих газів до рівня, який може безпечно окислювати сажу, зібрану в сажовому фільтрі (~20 хв при ~1200°F) [36].

Ефективність фільтрації твердих частинок (ТЧ) активним сажовим фільтром (АСФ) зазвичай знижується на 95%. Завдяки наявності каталізатора з дорогоцінних металів, фільтр зазвичай знижує на 70-90% (залежно від температури вихлопних газів) викиди вуглеводнів (НС) та оксиду вуглецю (СО). Завдяки спеціальній формулі каталізатора не відбувається збільшення викидів NO<sub>2</sub>. Типове падіння тиску вихлопних газів на активному сажовому фільтрі (АСФ) становить від 7,5 до 15 кПа (30-50 в Н<sub>2</sub>O).

У другому розділі проаналізовано середньоексплуатаційні питомі викиди забруднюючих речовин, які залежать від режиму навантаження та тривалості роботи дизеля тепловоза. Викиди склали: NO – 73,3 г/кВт·год, СО – 55,13 г/кВт·год, СН – 18,66 г/кВт·год. При очищенні за допомогою системи GreenTRAP NOVA, яка здатна забезпечити очищення на 90% від оксиду азоту та вуглекислого газу, а також на 95% від твердих частинок, ГДК буде дотримано. Після обробки каталітичним нейтралізатором викиди становитимуть: NO – 4,33 г/кВт·год (норма 18 г/кВт·год), СО – 5,5 г/кВт·год (норма 12 г/кВт·год), СН – 0,94 г/кВт·год (норма 4,5 г/кВт·год).

Можна зробити висновок, що встановлення системи очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів є ефективним рішенням основної проблеми очищення атмосфери від забруднюючих речовин, які утворює дизельний маневровий локомотив.

### 3.2.2 Модернізація маневрового локомотива на гібридну тягу

Ще одним методом очищення атмосфери від забруднюючих речовин, які утворює дизельний маневровий локомотив можуть бути гібридні технології.

Французька машинобудівельна компанія Alstom займає лідируючі позиції в галузі гібридних технологій на ринку легкого дизельного палива та стає першим виробником, що постачає обладнання для комерційного використання [37].

При модернізації локомотиву на гібридну тягу в корпус вбудовуються: акумулятор, дизель-генератор, силова електроніка і механічна коробка (рис. 3.9-3.10) [37].

Ця гібридна технологія забезпечує максимальне тягове зусилля 20 тс, максимальну потужність на протекторі колеса 500 кВт та максимально допустиму робочу швидкість 45 км/год [37].

Локомотив обладнаний високопродуктивними акумуляторними батареями з великою ємністю, які здатні забезпечити тягу в 1300 тонн, що дозволяє зменшити розмір двигуна. У якості двигуна використовується PMSM, що сприяє підвищенню ефективності. Щодо конструкції, була застосована модульна концепція для поліпшення простоти обслуговування і надійності, а також для можливості в подальшому легкого встановлення акумуляторних батарей з більш високими характеристиками [37].

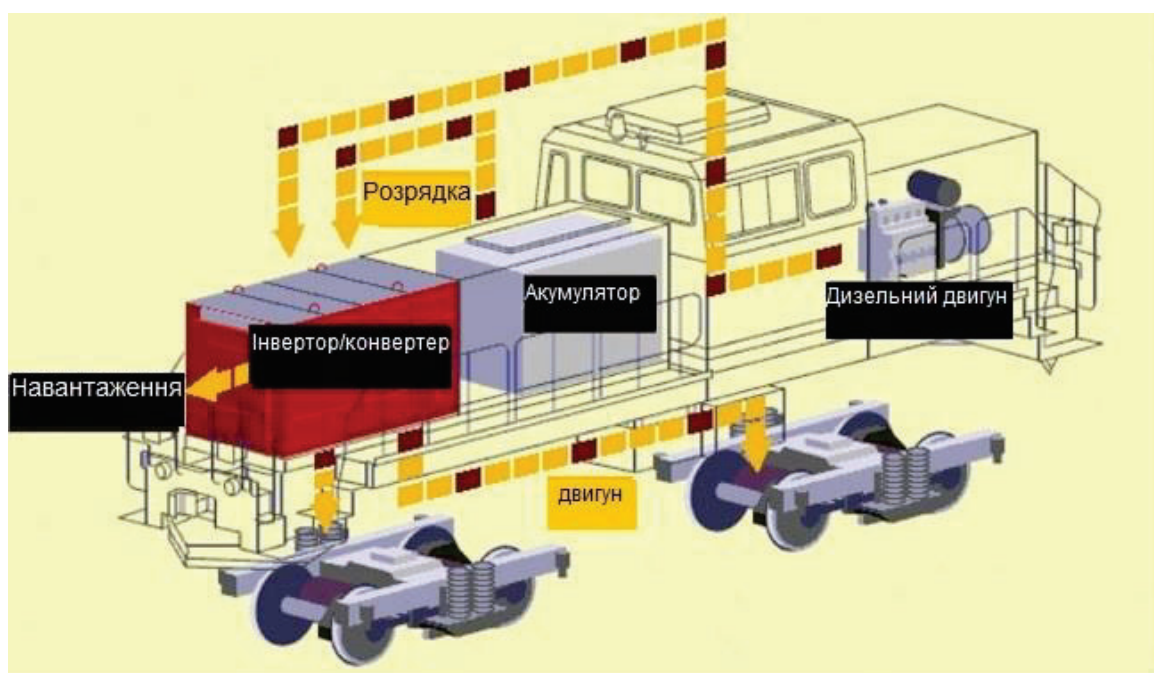


Рисунок 3.9 – Потік енергії в режимі живлення [37]

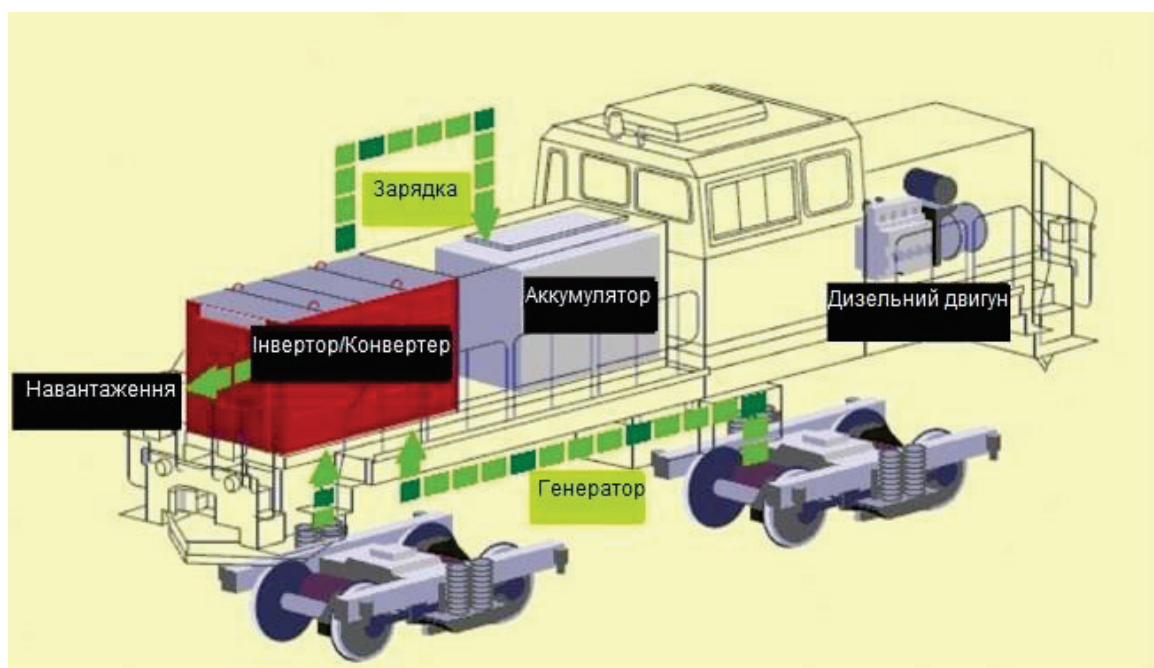


Рисунок 3.10 – Потік енергії в режимі гальмування [37]

До переваг гібридної технології відносяться: скорочення викидів  $\text{NO}_x$ , зниження рівня шуму, зниження витрати палива, покращена простота обслуговування і технологічність.

Випробування, які проводились залізничною компанією підтвердили зниження рівня викидів оксидів азоту на 62% у порівнянні з існуючими, рівень шуму знизився на 36 децибел, а також підтверджено зниження витрати палива на 36% [37].

Гібридний локомотив використовує модульну концепцію для значного зниження витрат на технічне обслуговування і життєвий цикл. Модульна концепція дозволяє легко розробляти нові конструкції для задоволення цілого ряду майбутніх потреб шляхом простої заміни модулів [37].

Стара система передбачала використання великого дизельного двигуна для створення тягового зусилля, яке передається на колеса за допомогою гідравлічної трансмісії, а гібридна система використовує невеликий дизельний двигун потужністю в чверть потужності існуючих локомотивів і висококласної акумуляторної батареї на відміну від звичайних маневрових локомотивів, які мають окремий радіатор і великий дизельний двигун. В гібридному локомотиві використовується модульна конструкція, що поєднує компактний двигун-генератор для забезпечення тягової потужності тягових двигунів. Електрична енергія на двигун-генератор надходить з двох джерел (двигуна, що працює на маслі, генератора та батареї). Невеликий дизельний двигун відповідають стандартам EPA Tier 3 (стандарт токсичності у США) [37].

Вторинна акумуляторна батарея великої ємності є першою літій-іонною батареєю, яка використовується в гібридному локомотиві, її повністю можна зарядити протягом 20 хвилин. В тяговому двигуні використовується синхронний двигун з постійними магнітами порівняно з асинхронними двигунами. Використання цього двигуна забезпечує шести відсоткове збільшення ККД кожного тягового двигуна [37].

Головний перетворювач (інвертор) забезпечує загальний контроль акумуляторної батареї, двигуна та електродвигуна. Головний перетворювач ефективно контролює електричною енергією від акумуляторної батареї та вихідну енергією від генератора двигуна. Під

час тяги (рис. 3.9) [37] акумуляторна батарея функціонує як основне джерело живлення, коли потрібно більше енергії ніж максимальна потужність акумуляторної батареї головний перетворювач запускає двигун-генератор та паралельно керує двома джерелами живлення.

Під час гальмування (рис. 3.10) [37] електродвигун перемикається в рекуперативний режим та працює як генератор, перетворюючи кінетичну енергію в електричну енергію для заряджання акумуляторної батареї під час роботи. Кабіна машиніста оснащена системою моніторингу, яка відображає рівень заряду акумуляторних батарей, витрати палива, робочі режими локомотива (використання дизельного двигуна, акумулятора або їх комбінації), параметри двигуна (температура, оберти, тиск), рівень викидів шкідливих речовин, температуру тягових двигунів, режими рекуперації енергії. Цю систему моніторингу машиніст добре бачить. Крім того, при роботі тільки від батареї робота локомотива напрочуд тиха [37].

Отже, за даними Alstom [13], модернізація та переобладнання на гібридну систему старі локомотиви можлива, але обходиться дуже дорого – переобладнаний гібридний локомотив коштує майже стільки ж, скільки новий гібридний локомотив через велику кількість нових компонентів та систем, і така модернізація не має ринкового попиту на ринку такого виду продукції. Новий гібридний локомотив має вищу вартість придбання, але економія на експлуатаційних витратах виправдовує цю інвестицію. Водночас переобладнання старого дизельного локомотива на гібридну систему є нерентабельним.

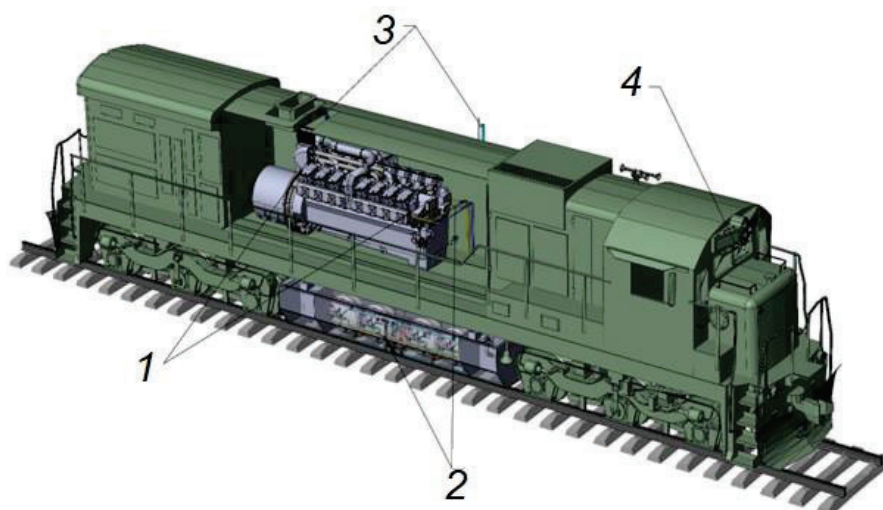
### 3.2.3 Модернізації тепловоза з двигуном GE C36-7I у газодизельний цикл

Модернізація дозволяє тепловозу працювати у газодизельному режимі, використовуючи до 70% газового палива, де дизельне паливо слугує запальною дозою, або в дизельному режимі з повним використанням дизельного палива. При цьому не вносяться зміни до

кузова (щодо його міцності), ходової частини, гальмівного обладнання, тягового електроустаткування, штатних систем управління та безпеки, а також більшості допоміжного обладнання. Основні зміни стосуються вдосконалення паливної системи та систем управління дизельним двигуном [18].

До переваг використання відноситься: фазове розподілене впорскування газу в кожен циліндр окремо, здійснюване виключно під час такту впуску; контроль потужності дизель-генераторної установки (ДГУ) із запобіганням перевантаженням; динамічне регулювання запальної дози дизельного палива залежно від умов роботи; автоматичний перехід між газодизельним і дизельним режимами; збереження потужності та крутного моменту на високому рівні в режимах постійних і змінних навантажень; система безпеки, яка забезпечує автоматичне виявлення витоків газу та пожежі; скорочення викидів оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ); зниження вмісту твердих частинок сажі (PM) [18].

До основних компонентів газодизельної системи відноситься: система керування (електронні блоки управління (ЕБУ), датчики, виконавчі механізми, джгути); газова система (баки зі зрідженим природним газом (LNG), система випаровування LNG, запірні арматура, фітинги, труби, редуктор, газові форсунки, фільтр); система безпеки (система пожежного оповіщення та визначення витоків газу); система індикації, оповіщення та диспетчеризації з функцією телеметрії для віддаленого контролю робочих параметрів тепловоза та системи безпеки (рис. 3.11) [18].



1 – елементи системи управління; 2 – елементи газової системи; 3 – елементи системи безпеки; 4 – елементи системи індикації та оповіщення елементи системи індикації та оповіщення

Рисунок 3.11 – Розміщення газодизельної системи на тепловозі [18]

Основним компонентом газової системи є модуль зберігання і подачі газу, до якого підводиться заправна магістраль, а також магістраль скидання газу і вентиляційна магістраль [18].

Модуль зберігання і подачі газу складається з: чотирьох баків, у які заправляється з подальшим збереженням зріджений природний газ (LNG); компонентів, призначених для випаровування LNG (переведення газу з рідкого стану в газоподібний); компонентів, призначених для очищення газу, зниження і підтримки стабільного тиску газу на виході з модуля (рис.1.4) [18].

### 3.3 Перспективні системи збирання нафтопродуктів на залізничних коліях

#### 3.3.1 Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях

Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях забезпечує виконання двох завдань:

- забезпечення організованого збору стоку і відведення його на очисні споруди або в накопичувальні резервуари;
- очищення або збір і зберігання стоків.

Перше завдання вирішується за допомогою системи лотків, які мають необхідні ухили та елементи кріплення. Головна перевага цих лотків – мала вага та висока міцність, що порівнянна зі сталевими виробами. Це досягається завдяки використанню армованого склопластику, який вирізняється винятковою стійкістю до всіх видів корозії [19].

Стік, залежно від проектного рішення, спрямовується або в накопичувальну ємність, або на очисні споруди, що дозволяє виконати вимоги другого завдання. Пропоновані ємності та очисні споруди також виготовляються зі склопластику [19].

Після монтажу ємкісного обладнання та розведення трубопроводів необхідно на піщано-гравійну подушку укласти лотки, закріпити їх між собою і встановити трапи [19].

До основних переваг системи відноситься: ефективний захист від нафтових забруднень та важких металів; легка та міцна конструкція зі склопластику, стійка до механічних і хімічних впливів; використання поліефірної смоли та полімербетону для виготовлення залізничних піддонів забезпечує високу конструкційну міцність, водонепроникність і стійкість до впливу масел; надійний захист ґрунту від забруднення нафтою та важкими металами [19].

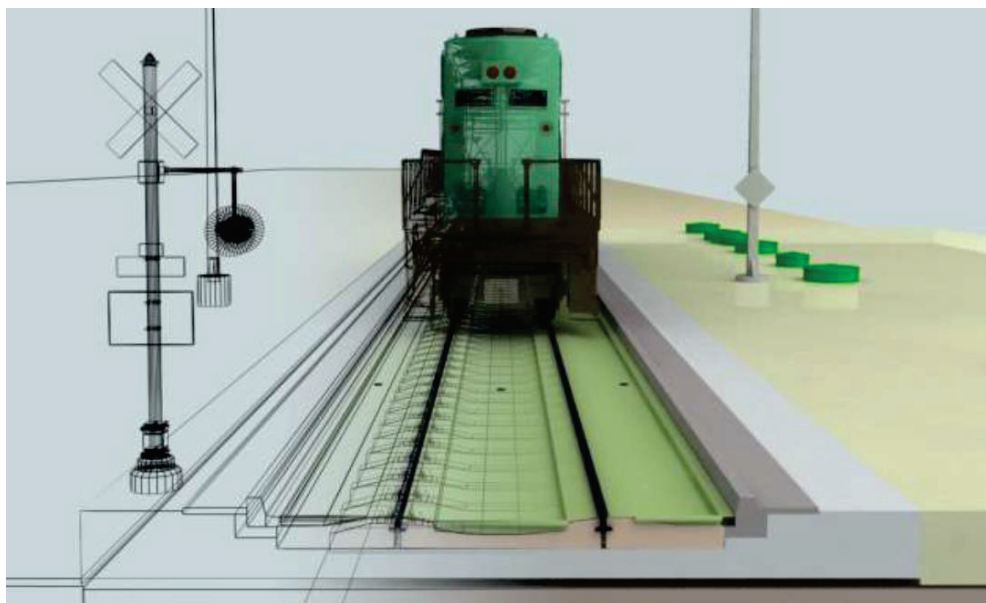
Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях складається з модульного покриття зі склопластикових піддонів, яке ізолює баластну

призму від впливу нафтопродуктів, а також включає мережу відведення зібраних нафтопродуктів до контуру очищення або в накопичувальні ємності (рис. 3.13) [19]. Економічна доцільність використання цього рішення стає очевидною при порівняльному аналізі з іншими системами збору нафтопродуктів, такими як бетонні вимощення, які використовуються наразі.

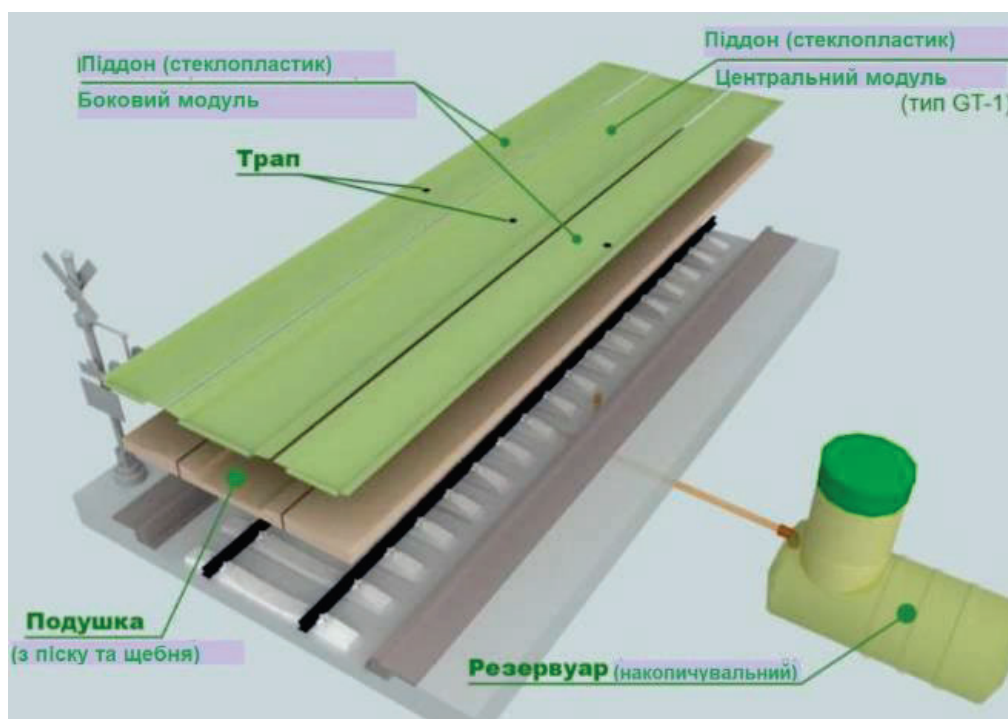
Розлиті нафтопродукти потрапляють на піддони та через нахилений канал в напрямку трапа надходять у локальну дощову каналізацію. Після очищення, вони зливаються у загальну дощову каналізацію. Ці панелі укладаються між рейками та по краях залізничного полотна (рис. 3.14) [19].

Довжина панелі – 12м. Панелі виготовляються способом формування склопластику, армуються ребрами жорсткості, забезпечуються отворами для трапів і каналами з нахилом у бік трапа. Панелі монтують на заздалегідь підготовлену, вирівняну й ущільнену подушку з піску та щебеню, під якою прокладено труби для відведення забрудненої дощової води. Склопластикові піддони водонепроникні, не піддаються хімічному та механічному впливу [19].

Склопластикові піддони можна монтувати на залізобетонні та дерев'яні шпали. Матеріал має підвищену конструкційну міцність, стійкий до механічного та хімічного впливу, ударостійкий, не піддається руйнуванню під впливом нафтопродуктів, сонячних променів, перепадів низьких і високих температур, водонепроникний. Зруйнувати такий матеріал без спеціального інструменту практично неможливо [19].



а



б

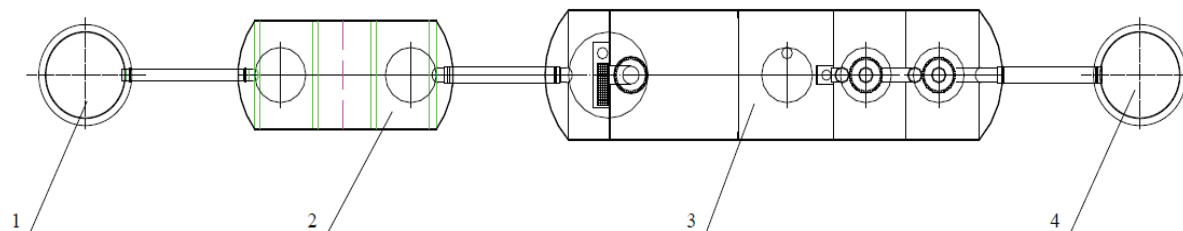
а – модульне покриття зі склопластикових піддонів; б – основні складові склопластикових піддонів

Рисунок 3.13 – Система збору нафтопродуктів [19]



Рисунок 3.14 – Забруднення нафтопродуктами до та після встановлення системи збору нафтопродуктів [19]

За схемою (рис. 3.15) [19], стоки з поверхні спочатку потрапляють у колодезь для збору стоків (1), після чого проходять через пісковловлювач (2), де осідають важкі мінеральні речовини, і надходять у нафтоловушку(3).



1 – колодезь для збору стоків; 2 – горизонтальна пісколовка; 3 – нафтоловушка; 4 – контрольний колодезь для проб

Рисунок 3.15 – Технологічна схема очисного спорудження [19]

Очищення поверхневих стоків від нафтопродуктів у нафтоловушці відбувається таким чином, що стічна вода потрапляє в камеру споруди, де за допомогою коалесцентних фільтрів відбувається відділення нафтопродуктів. Тут стоки очищаються до другого ступеня, до 5 мг/л. Після проходження через коалесцентні фільтри, вода переходить у третю, додаткову камеру, де встановлені абсорбувальні та вугільні

фільтри. На цьому етапі ступінь очищення стічної води за нафтопродуктами досягає 0,5 мг/л. Після нафтоловушки вода проходить через контрольний колодязь для проб (4) і далі направляється у місце видалення відповідно до проекту. Принципова схема роботи системи збору нафтопродуктів на залізничній колії наведена на рисунку 3.16 [19].

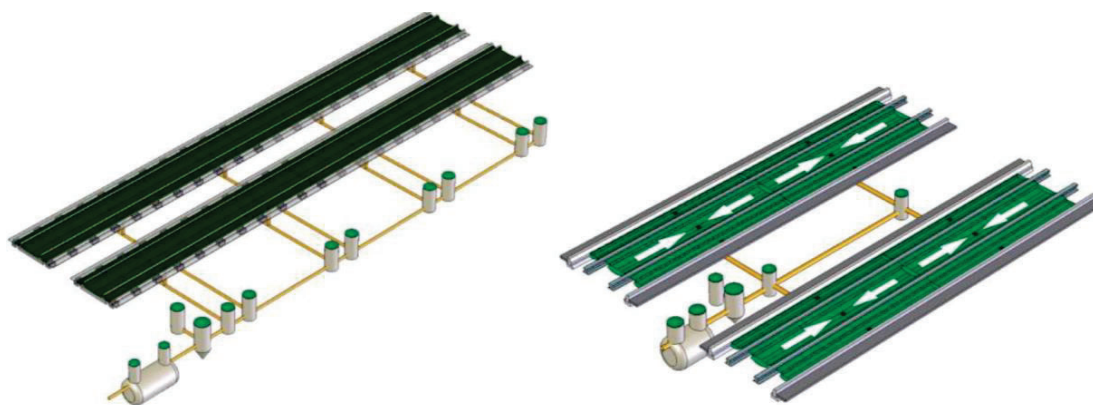


Рисунок 3.16 – Принципова схема роботи системи збору нафтопродуктів на залізничній колії [19]

Отже, завдяки конструкційним і технологічним особливостям, що підкреслюють інноваційний характер цього продукту, такий підхід до вирішення однієї з екологічних проблем є ефективним методом мінімізації забруднення ґрунту нафтопродуктами.

### 3.3.2 Абсорбуючі речовини

Сорбенти широко використовуються як в Україні, так і в інших країнах для підтримання чистоти залізничних колій. Двигуни поїздів скидають мастило і дизельне паливо на колії під час руху, а також виливають значні обсяги мастила, перебуваючи на станціях і під'їзних коліях.

Сорбент можна розсипати на залізничні колії, і він миттєво вбере дизельне паливо та мастило (рис. 3.17) [15]. За роки розливів на коліях утворився товстий шар вуглеводнів у кілька сантиметрів, а шпали стали

ледь помітними. Приблизно за 40 днів може бути усунуто понад 80% розливу нафти [38].



Рисунок 3.17 – Стан колій «до» та «після» використання сорбентів [15]

Сорбент рівномірно розподіляється по поверхні залізничних колій. Це можна зробити вручну або за допомогою будь-якого садового розпилювача. Кристали сорбенту, виготовлені на основі бджолиного воску, поглинають оливу і запускають процес біоремедіації [15].

Важкі олії будуть значною мірою очищені за 30-40 днів. Осаду не буде. Після очищення колії, рекомендується використовувати килимове покриття та засіб сорбенту, щоб постійно підтримувати чистоту колії [15].

Така система матів найбільше підходить для станцій, де локомотиви можуть зливати масло.

У маті є отвори, які заповнені засобом сорбенту. Коли дизельне паливо падає на землю, воно негайно вбирається кристалами сорбенту і відновлюється. Час від часу мат необхідно повторно розпилювати засобом сорбенту.

Ця технологія є доволі практичною, однак даний сорбент наразі відсутній на українському ринку.

Сорбент «ЕКОЛАН-М» – біосорбент нового покоління з сорбційною і деструктивною активністю до вуглеводнів нафти.

Призначення біосорбенту «ЕКОЛАН-М»: ліквідація розливів на водній поверхні та ґрунтах; ліквідація забруднень з найменшим екологічними

збитками; блокування нафтових забруднень в мінімальні терміни; локалізація нафтових плям і попередження подальшого розповсюдження нафтопродуктів; забезпечення подальшого відновлення природного балансу і стимуляція природних самоочисних функцій.

Основні показники: кількість живих бактерій в 1г препарату – 107; сорбційна ємність за масою, кг/кг 1:6 – 1:8; сорбційна ємність за об'ємом 95%; вогневибухобезпечність.

Екологічні властивості: екологічно чистий, не токсичний, безпечний для людини, тварин та навколишнього середовища.

Ефект очищення: при нанесенні препарату на забруднену водну поверхню ефект очищення водного дзеркала складає не менше 91% і може сягати до 99% при експозиції від 2 хвилин до 24 годин.

Сорбент «ЕКОЛАН-М» не потребує спеціальних умов утилізації. Утилізується в природному середовищі за рахунок природного органічного носія, тобто, не вимагає обов'язкового збору після його застосування.

Відпрацьований препарат можна додавати до побутових будівельних відходів, що вивозяться на міське сміттєзвалища в кількості 1-2% від загальної кількості переданого на звалищі відходів

Отже, сорбент-біодеструктор «ЕКОЛАН-М, може бути рекомендован як ефективний сорбент для вуглеводнів, зокрема для ліквідації наслідків розливів нафти та нафтопродуктів.

### **3.4 Висновки до розділу 3**

У розділі розглянуто ефективні технологічні рішення для зменшення негативного впливу залізничного транспорту на довкілля, які в подальшому можуть бути реалізовані в умовах гірничо-збагачувального комбінату.

Встановлення вуглевипалювальної піролізної установки ВП «ЄВРО» демонструє низьку вартість, високу продуктивність, екологічну

безпеку та енергоефективність, що робить піроліз перспективним методом утилізації органічних відходів.

Модернізація тепловоза з двигуном GE C36-7I у газодизельний цикл дозволяє скоротити споживання дизельного палива до 70%, зменшити викиди оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) та твердих частинок, а також забезпечити автоматичне керування режимами роботи.

Впровадження системи збору нафтопродуктів на залізничних коліях мінімізує ризик забруднення ґрунту, а використання сорбенту-біодеструктора «ЕКОЛАН-М» ефективно ліквідує наслідки розливів нафти та нафтопродуктів.

Отже, запропоновані технологічні заходи є ефективними рішеннями для підвищення екологічної безпеки залізничного транспорту та зменшення його впливу на навколишнє середовище.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Вимоги безпеки при використанні каталітичного нейтралізатора з сажовим фільтром**

Перед початком запуску маневрового локомотива необхідно перевірити технічний стан обладнання та наявність відповідних бірок з датою останнього технічного обслуговування. При перевірці технічного стану працівники повинні використовувати захисне спорядження, включаючи рукавички, маски та окуляри, щоб уникнути контакту з шкідливими речовинами. Перевірку проводити тільки на відкритому повітрі або в приміщенні з забезпеченням належної вентиляції, де проводяться роботи, щоб уникнути накопичення шкідливих газів [39].

У маневровому локомотиві повинні бути доступні засоби невідкладної допомоги, такі як аптечки та інші необхідні засоби для швидкої реакції у разі аварії.

На маневровому локомотиві повинні бути наявні засоби пожежогасіння (вогнегасники, пісок) [40].

Відпрацьовані деталі та відходи повинні зберігатися у спеціально відведених місцях з дотриманням вимог безпеки.

### **4.2 Вимоги безпеки при експлуатації маневрового локомотива з двигуном GE C36-7I у газодизельному циклі**

Перед початком експлуатації маневрового локомотива з двигуном газодизельного циклу локомотивна бригада повинна пройти інструктаж та навчання, а також періодично проходити регулярні інструктажі, навчання щодо безпечного використання обладнання та тренування з надання першої допомоги [39].

Перед початком роботи локомотивна бригада зобов'язана перевірити технічний стан маневрового локомотива та його обладнання, включаючи двигун, газодизельні системи та наявність бірки з актуальною датою технічного обслуговування [41].

При проведенні технічного огляду газодизельної системи, локомотивна бригада має використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема каски, захисні окуляри, рукавички та спеціальний одяг. Крім того, необхідно забезпечити належну вентиляцію приміщень, де проводяться роботи, щоб уникнути накопичення шкідливих газів [41].

Під час роботи важливо регулярно перевіряти стан системи вихлопних газів. На локомотиві повинні бути встановлені засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники. Локомотивна бригада повинна знати місця розташування вогнегасників та вміти ними користуватися. На локомотиві повинна знаходитися аптечка та інші засоби невідкладної допомоги.

Паливо повинно зберігатися у спеціально відведених місцях з дотриманням вимог безпеки. Транспортування палива повинно здійснюватися відповідно до встановлених норм. Необхідно дотримуватися всіх екологічних норм та вимог щодо викидів шкідливих речовин у атмосферу.

#### **4.3 Вимоги безпеки при утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал методом газифікації та піролізу**

До утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал методом газифікації або піролізу допускаються особи не молодше вісімнадцяти років, яку пройшли навчання та інструктаж з охорони праці щодо безпечної роботи з обладнанням для газифікації та піролізу. Також необхідно проводити регулярні тренування з надання першої медичної допомоги [39].

Для виконання такого виду робіт працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту, такі як каски, рукавички, захисні окуляри, маски та спеціальний одяг, щоб уникнути контакту з шкідливими речовинами [39].

Перед початком робіт працівник повинен перевірити технічний стан обладнання та наявність відповідної бірки з діючою датою технічного обслуговування обладнання. Дефекти та несправності повинні негайно усуватися, а обладнання не повинно використовуватися до повного ремонту.

У приміщеннях, де проводяться роботи, повинна бути забезпечена належна вентиляція для запобігання накопиченню шкідливих газів. У місцях проведення робіт повинні бути встановлені засоби пожежогасіння, зокрема вогнегасники та системи пожежної сигналізації, а також план евакуації. Працівники повинні знати розташування засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися.

Відпрацьовані дерев'яні шпали та отримані продукти газифікації та піролізу повинні зберігатися у спеціально відведених місцях з дотриманням вимог безпеки. Транспортування відпрацьованих шпал повинно здійснюватися з дотриманням правил перевезення небезпечних вантажів. Продукти газифікації та піролізу, що містять шкідливі речовини, повинні утилізуватися відповідно до встановлених норм та правил.

Працівники повинні дотримуватися гігієнічних норм, мати можливість регулярно мити руки та обличчя після завершення робіт [39].

#### **4.4 Вимоги безпеки праці при встановлені та експлуатації системи збору нафтопродуктів**

Усі роботи (монтаж, ремонт або демонтаж) можуть проводитися лише після зупинки будь-якого руху залізничного транспорту на об'єкті. Заборонено виконувати монтаж або демонтаж залізничних піддонів одному

працівників. Всі працівники повинні бути ознайомлені з інструкцією щодо монтажу, технічного обслуговування та експлуатації [19].

У разі виявлення пошкоджень піддона або непоправного дефекту під час монтажу, слід повідомити про це відповідальну особу. Непоправним дефектом вважаються: механічні пошкодження залізничного полотна на місці монтажу піддонів; механічні пошкодження самих піддонів; механічні або будь-які інші пошкодження піддонів.

Під час експлуатації залізничних піддонів слід дотримуватися зазначених і інших правил та вимог на даному об'єкті. Згідно з вимогами безпеки, користувач споруди повинен чітко розподілити обов'язки між працівниками. Весь персонал несе відповідальність за дотримання вимог безпеки [39].

Для забезпечення безпеки праці інструменти та інші портативні предмети повинні зберігатися на своїх місцях. Вантажопідйомна та інша допоміжна техніка повинна використовуватися так, щоб забезпечити стабільність і технічну безпеку під час роботи. Використовувати вантажопідйомну техніку дозволяється лише відповідного призначення, яка була перевірена відповідальними службами.

При використанні мобільного вантажопідйомного обладнання повинні бути вжиті заходи для запобігання перекиданню техніки, коливанням і ковзанням.

Під час використання мобільного вантажопідйомного обладнання, за необхідності (наприклад, при обмеженій видимості), включити в роботу додатково координуючу особу команди.

#### **4.5 Правила охорони праці при використанні сорбентів**

При використанні сорбентів для ліквідації розливів нафтопродуктів необхідно виконувати наступні правила [39]:

- працівники повинні носити спеціальне захисне спорядження, включаючи рукавички, маски, захисні окуляри та захисні костюми, щоб уникнути контакту з нафтопродуктами та сорбентами;

- працівники повинні проходити інструктаж та навчання щодо правильного використання сорбентів, а також про правила допомоги у разі аварії;

- при застосуванні сорбентів важливо забезпечити належну вентиляцію на місці роботи та дотримання гігієнічних норм, щоб уникнути негативного впливу на здоров'я працівників;

- використання сорбентів повинно бути обережним, щоб уникнути випадкового впливу на здоров'я працівників, особливо при контакті з активними хімічними речовинами;

- наявність аптечок невідкладної допомоги, в якій будуть антидоти та інші необхідні засоби.

Ці правила допоможуть забезпечити безпеку працівників під час використання сорбентів для ліквідації розливів нафтопродуктів.

#### **4.6 Висновки до розділу 4**

У даному розділі розглянуто основні вимоги безпеки при експлуатації та обслуговуванні обладнання, пов'язаного із зниженням екологічного впливу залізничного транспорту.

Забезпечення безпеки при використанні каталітичного нейтралізатора з сажовим фільтром передбачає контроль технічного стану обладнання, використання засобів індивідуального захисту та дотримання правил експлуатації. Аналогічні вимоги поширюються на експлуатацію маневрового локомотива з двигуном GE C36-7I у газодизельному циклі, де особлива увага приділяється технічним перевіркам, вентиляції робочого середовища та пожежній безпеці.

При утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал методом газифікації та піролізу важливим є дотримання вимог безпеки праці, використання засобів індивідуального захисту, наявність засобів пожежогасіння та контроль екологічних норм.

Монтаж та експлуатація системи збору нафтопродуктів потребує зупинки руху залізничного транспорту, дотримання правил монтажу та використання перевіреної вантажопідйомної техніки.

Використання сорбентів для ліквідації розливів нафтопродуктів вимагає ретельного дотримання заходів безпеки, включаючи носіння захисного одягу, проведення навчання та забезпечення належної вентиляції.

Загалом, дотримання викладених вимог сприяє підвищенню рівня безпеки, мінімізації ризиків для працівників та зменшенню негативного впливу залізничного транспорту на довкілля.

## **5 НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО ДИВІЗІОНУ**

### **5.1 Економічна ефективність від встановлення вуглевипалювальної піролізної установки ВП "ЄВРО"**

З метою задоволення потреби підприємства у переробці та утилізації ВДШ, а також зниження витрат на придбання теплової енергії для потреб виробництва пропонується встановлення вуглевипалювальної піролізної установки ВП "ЄВРО".

Стаціонарний комплекс з 2 печей ВП «ЄВРО» може переробляти близько 63 шпал за 24 години (це 5 тон, або 10 м<sup>3</sup> шпали) і отримувати до 1 тони деревного вугілля на добу, відповідного для спалювання у вагонних титанах [42].

На підприємстві в кінці року утилізації підлягає близько 8 тис. ВДШ (табл. 3.1), вага однієї дерев'яної шпали становить 80-85 кг, що складає 640 т. Згідно договору на збір, перевезення та утилізацію ВДШ, ціна за 1 ВДШ складає 312,73 грн., загальна сума утилізації на рік – 2379875,30 грн.

Потужність комплексу з переробки органічних відходів становить 0,2 т/год, що дає змогу виробляти до 40 м<sup>3</sup>/год синтез-газу. Частина синтез-газу в обсязі 25 м<sup>3</sup> йде на власні потреби установки для підтримання її роботи, а 15 м<sup>3</sup> піролізного газу можуть бути використані на виробництво електричної та теплової енергії. Орієнтовна вартість проекту (обладнання з урахуванням пусконаладжувальних робіт): ~ 30 млн.грн. [42].

Для реалізації проекту потрібно:

1. Проектування, виготовлення, монтаж і введення в експлуатацію необхідного обладнання.

2. Забезпечення безперебійної цілодобової подачі сировини у період опалювального сезону (з жовтня по березень).

Для обслуговування обладнання передбачається почергова робота трьох бригад у 2 зміни (по 12 годин). Фонд заробітної плати виробничого персоналу з нарахуваннями становитиме 30500 грн. на місяць (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Оплата праці виробничого персоналу

№ п/п	Нарахування в місяць виробничому персоналу	Сума, грн/міс
1	Оператор, всього	14000
	у тому числі:	
1.1	Заробітна плата	11000
1.2	ПДВ	3000
2	Слюсар-ремонтник, всього	16500
	у тому числі:	
2.1	Заробітна плата	11550
2.2	ПДВ	4950
	Загалом, дві бригади в місяць	30500
	Три бригади в місяць	91500

Розрахунок терміну амортизації обладнання:

$$T_A = \frac{n_{\text{шп}} \cdot C_{\text{ш}}}{C_{\text{обл}}}, \text{ років} \quad (5.1)$$

де  $n_{\text{шп}}$  – обсяг ВДШ, шт/рік ;

$C_{\text{ш}}$  – ціна за збор, перевезення та утилізацію ВДШ, грн/шт;

$C_{\text{обл}}$  – вартість проєкту (обладнання з урахуванням пусконаладжувальних робіт).

$$T_A = \frac{8000 \cdot 312,73}{30000000} = 12 \text{ років}$$

Термін амортизації обладнання становитиме 12 років; експлуатаційні та сервісні витрати – 1 % від вартості обладнання [42].

Витрати електроенергії за місяць розраховано за наявності наступних даних: обладнання, згідно технічних характеристик, за годину витрачає 1,2 кВт/год [42], обладнання працює безперервно 24 год/добу:  $1,2 \cdot 23 \cdot 31 = 892,8$  кВт/год. Витрати комплексу з переробки відходів наведені у табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати комплексу з переробки відходів

№ п/п	Найменування статті витрат	Од. виміру	Витрати на місяць, од.	Витрати на рік, од.	Ціна, грн/од.	Витрати на рік/грн.
1.	Електроенергія	кВт/год	892,8	4464	4,36	19463,04
2.	Заробітна плата виробничого персоналу (3 бригади)	грн.	30500	91500	-	91500
3.	Витрати на обслуговування	грн.	-	-	-	300000
4.	Амортизація	грн.	-	-	-	980000
	Всього					1390963,04

У результаті роботи установки виробляється близько 12960 м<sup>3</sup> піролізного газу на рік (табл. 5.3).

Таким чином, собівартість виробництва піролізного газу становитиме 317,1 грн. за тис. куб. м ( $1390963,04/129600$ ), та деревного вугілля – 3261 грн. за тону.

Таблиця 5.3 – Продукція, що виробляється комплексом

№ п/п	Найменування	Од. виміру	Вироблення	
			од./час	од./рік
1	Газ	куб. м	40	129600
2	Деревне вугілля	т	0,04	126

Вартість природного газу в Україні з урахуванням транспортування становить близько 9670 грн/тис. куб. м, а деревного вугілля – 30000 грн. за тону. Таким чином, автономна піролізна установка з виробництва газоподібного палива та деревного вугілля є найактуальнішою в умови щорічного підвищення цін на енергоносії та необхідності утилізації відходів промислового виробництва.

## **5.2 Економічна ефективність від використання системи очищення відпрацьованих газів тепловозних дизелів (GreenTRAP NOVA)**

Відповідно до Податкового кодексу України, екологічний податок регулюється розділом VIII (статті 240–250). Зокрема, стаття 243 встановлює ставки податку за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення. Однак, чинна нормативна база не враховує реальних збитків, завданих кожною одиницею рухомого складу залізничного транспорту, і не забезпечує достатніх стимулів для впровадження природоохоронних заходів у цій сфері.

Мінімізація забруднюючих речовин від дизельних маневрових локомотивів має економічні переваги:

- зменшені витрати на дотримання екологічних норм;
- зменшення штрафів: скорочуючи викиди, підприємство може уникнути штрафів, пов'язаних із перевищенням нормативних обмежень;

- стимули та інвестиції: багато інвесторів або уряд пропонують фінансові стимули для впровадження чистіших технологій, які можуть компенсувати витрати;

- підвищення конкурентоспроможності на ринку;

- покращення корпоративного іміджу підприємства через активне зменшення вуглецевого сліду, що може позитивно вплинути на його суспільний статус та привернути увагу екологічно свідомих клієнтів;

- інвестиції в чистіші технології можуть підвищити загальну вартість дизельного локомотива, зробивши його більш привабливим для перепродажу;

- менші викиди сприяють покращенню якості повітря, що може призвести до зменшення витрат на охорону здоров'я, пов'язаних із респіраторними захворюваннями та іншими проблемами зі здоров'ям;

Отже, економічний ефект від мінімізації викидів забруднюючих речовин від дизельних маневрових локомотивів виходить за рамки простого дотримання; він охоплює операційну ефективність, конкурентні переваги та ширші переваги для суспільства. Інвестуючи в чистіші технології, підприємство може стратегічно позиціонувати себе для сталого майбутнього.

### **5.3 Витрати та економічний прорахунок встановлення LNG**

Згідно технічного паспорту тепловоза ТЕМ-2 [21], витрати дизельного палива складають 20,2 л/год, тепловоз працює приблизно 18 год/добу, а загальний об'єм дизельного палива – 2700 л. При встановленні LNG обсяг газу складатиме – 3600 л, що прирівнюється до 2036 DLE (еквівалент літрів дизпалива). Така система припускає заміщенні 60% LNG/40% дизпаливо (ДП). У момент, коли LNG буде витрачено на 100% – залишок дизельного палива – 2160 л. Різниця розподілу навантажень по осях тепловоза до і після модернізації  $\approx 0\%$ .

Для розрахунку економії від переходу на двопаливний режим (табл. 5.4) ціна на дизельне паливо склала – 54,40 грн/л, а газу – 36,96 грн/л (фіксована ціна на дату розрахунку 07.01.2025р.).

– розрахуємо витрати дизельного палива в дизельному режимі на рік, при умові, що витрата дизельного палива складає 20,2 л/год, тепловоз працює 365 днів по 18г од/доб:  $20,2 \cdot 365 \cdot 18 = 132714$  л/рік.

– витрати на паливо в режимі роботи тільки на дизельному паливі, при умові, що дизельне паливо коштує – 54,40 грн/л:  $132714 \cdot 54,40 = 7219641,60$  грн/рік.

– витрата на рік дизельного палива в двопаливному режимі розраховуються з умови, що 40% від 20,2 л складає 8,08 л/год:  $8,08 \cdot 18 \cdot 365 = 53085,6$  л/рік.

– споживання природного газу в двопаливному режимі, при умові, що 60% від 20,2 л складає 12,12 л/год:  $12,12 \cdot 18 \cdot 365 = 79628,4$  м<sup>3</sup>/рік.

– витрата дизельного палива в двопаливному режимі на добу:  $8,08 \cdot 18 = 145,44$  л/добу.

– споживання природного газу в двопаливному режимі за добу:  $12,12 \cdot 18 = 218,16$  м<sup>3</sup>/добу.

– витрати на дизельне паливо в режимі двопаливного використання на рік:  $145,44 \cdot 365 \cdot 54,40 = 2\,887\,856,64$  грн/рік.

– витрати на природний газ у двопаливному режимі за рік:  $324 \cdot 365 \cdot 36,96 = 2\,943\,065,66$  грн/рік

– витрати на паливо в режимі роботи на двох видах палива:  $2\,887\,856,64 + 2\,943\,065,66 = 5\,830\,922,3$  грн/рік.

– економія від переходу на двопаливний режим складе:  $7219641,60 - 5\,830\,922,3 = 1\,388\,719,29$  грн/рік.

Кошториз проекту LNG дорівнюється  $\approx 10$  млн.грн., строк окупності складе:  $10\,000\,000 / 1\,388\,719,29 \approx 7$  років. Зведені розрахункові дані наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Розраховані дані по витратам палива та економії від переходу на двопаливний режим

Дані про споживання палива	Дані	Одиниця виміру
Витрата дизельного палива в дизельному режимі	132 714	л/рік
Витрати на паливо в режимі роботи тільки на дизельному паливі	7 219 641,60	грн/рік
Витрата дизельного палива в двопаливному режимі	53 085,6	л/рік
Витрата дизельного палива в двопаливному режимі	145,44	л/добу
Споживання природного газу в двопаливному режимі	218,16	м <sup>3</sup> /добу
Витрати на паливо в режимі роботи на двох видах палива	5 830 922,3	грн/рік
Витрати на дизельне паливо в режимі двопаливного використання	2 887 856,64	грн.
Витрати на природний газ у двопаливному режимі	2 943 065,66	грн.
Економія від переходу на двопаливний режим	1 388 719,29	грн/рік
Строк окупності	7	років

Таким чином, встановлення LNG є актуальним варіантом для мінімізації викидів забруднюючих речовин від маневрового дизельного локомотива, економії палива та економічних показників.

#### **5.4 Економічне обґрунтування застосування системи збору нафтопродуктів на залізничних коліях**

Проблему забруднення ґрунту нафтопродуктами можна розв'язати кількома способами: застосуванням нового рухомого складу, що не має витоків мастил і мастил, пилоутворення при перевезенні сипких вантажів, проливів на залізничне полотно нафтопродуктів; встановленням системи збирання нафтопродуктів або бетонних вимосток.

Порівняння бетонних відмосток і системи збору нафтопродуктів:

– матеріал: склопластикові піддони мають високу стійкість до зовнішніх впливів; бетонні вимощення чутливі до перепадів температур і хімічної корозії;

– монтаж: склопластикових піддонів займає 5 днів з бригадою з 4-5 робітників; бетонних вимощень потребує мінімум 45 днів з командою з 10-15 фахівців, плюс постобробка для ухилів і отворів;

– готовність до монтажу: склопластикові піддони вже мають закладені уклони і форми, що спрощує їх установку; для бетонних відмосток уклони потрібно задавати в польових умовах, що може знизити якість;

– обслуговування: бетонні відмостки ускладнюють обслуговування рельсових скріплень, іноді не передбачаючи таку можливість; склопластикові піддони дозволяють легко проводити перевірки рельсових скріплень (1-2 рази на рік) шляхом розкриття та повторного з'єднання;

– поверхня: склопластикові піддони мають абразивне покриття, що запобігає можливим проблемам;

– експлуатація: на відміну від бетонних відмосток, склопластикові піддони мають низьку адгезію з нафтовмісними продуктами, завдяки чому легко відновлюють зовнішній вигляд звичайним промиванням апаратом високого тиску. Термін служби бетонних відмосток становить 10-15 років, після чого потрібна їх реставрація або заміна. Склопластикові піддони, завдяки матеріалу, служать 50 і більше років, оскільки склопластик інертний до зовнішніх впливів і практично вічний;

– вартість: 1 кв. м покриття зі склопластику ( $\approx 2541,95$  грн.) вища, ніж у бетону ( $\approx 1019,61$  грн.), з урахуванням витрат на монтаж і обслуговування склопластикові піддони виявляються мінімум у 2 рази економічнішими в довгостроковій перспективі.

Для уточнення наведеної економіки необхідно виконати детальний розрахунок, використовуючи економічну модель, що враховує всі роботи

в комплексі та протягом тривалого циклу. Доцільно проводити аналіз із розрахунком на 50-річний період. У цьому часовому проміжку стає очевидним, що бетонні вимощення доведеться замінювати 2–3 рази, тоді як склопластикові піддони, встановлені один раз, зберігатимуть значний експлуатаційний ресурс навіть після півстоліття.

На початкових етапах найбільш доцільно використовувати систему збору нафтопродуктів зі склопластику на тягових коліях у депо, де наслідки проливів нафтопродуктів є найбільш відчутними.

Отже, аналіз варіантів вирішення проблеми забруднення ґрунту нафтопродуктами показує, що використання склопластикових піддонів має значні переваги перед бетонними вимощеннями.

Хоча початкова вартість 1 м<sup>2</sup> склопластикового покриття ( $\approx 2541,95$  грн.) вища за бетонне ( $\approx 1019,61$  грн.), у довгостроковій перспективі (50 років) склопластикові піддони є мінімум у 2 рази економічнішими через значно менші витрати на монтаж і обслуговування.

Протягом 50 років бетонні вимощення доведеться замінювати 2–3 рази, тоді як склопластикові піддони збережуть експлуатаційні властивості.

На початкових етапах доцільно впроваджувати систему збору нафтопродуктів зі склопластику на залізничних коліях у місцях стоянки локомотивів, де ризик забруднення ґрунту найвищий. Такий підхід є не лише економічно вигідним, а й технологічно доцільним, забезпечуючи довгостроковий захист довкілля та ефективність експлуатації залізничної інфраструктури.

## **5.5 Економічне обґрунтування застосування сорбаційних речовин**

«ЕКОЛАН-М» – це сорбаційна речовина, що використовується для ліквідації розливів нафтопродуктів та інших забруднюючих речовин.

Сорбаційна речовина має високу поглинальну здатність (1 кг сорбенту може утримати до 5 л нафтопродуктів) та екологічно безпечна.

Вартість закупівлі: ціна 1 кг «ЕКОЛАН-М» – 172 грн [16].

Для розрахунку необхідного обсягу припустимо, що для ліквідації 1 літра розлитого нафтопродукту потрібно 0,2 кг сорбенту (виходячи з поглинальної здатності) витрати на очищення 1000 л нафтопродуктів:

Необхідний обсяг сорбенту:  $0,2 \text{ кг} \times 1000 \text{ л} = 200 \text{ кг}$ .

Вартість сорбенту:  $200 \text{ кг} \times 172 \text{ грн} = 34\,400 \text{ грн}$ .

Порівняємо з альтернативними методами очищення (пісок, тирса, хімічні реагенти): вимагають значно більшого обсягу матеріалів ( $\approx 1$  кг сорбенту на 1 л нафтопродукту), складнішої утилізації та можуть завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Вартість таких методів може значно перевищувати 50 000 грн для очищення 1000 л нафтопродуктів, враховуючи вартість матеріалів, транспортні витрати, обслуговування та утилізацію забруднень.

До економічних та екологічних переваг «ЕКОЛАН-М» відносяться: зниження витрат до 30% у порівнянні з традиційними методами; екологічна безпека, так як не містить токсичних домішок, не забруднює ґрунт; простота зберігання та транспортування, що не потребує спеціальних умов; зменшення витрат на утилізацію.

Отже, застосування «ЕКОЛАН-М» для очищення нафтопродуктів є економічно вигідним рішенням, оскільки на 1000 л забруднення потрібно лише 34 400 грн, що є значно дешевше за традиційні методи очищення, де витрати можуть перевищувати 50 000 грн. Крім того, «ЕКОЛАН-М» має низку екологічних переваг, таких як біорозкладність і безпека для навколишнього середовища.

Таким чином, використання цього сорбенту дозволяє зменшити витрати на ліквідацію забруднень та забезпечити більш екологічно безпечне середовище.

## 5.6 Висновки до розділу 5

Установка ВП "ЄВРО" є економічно вигідною альтернативою для переробки відходів та утилізації відпрацьованих дерев'яних шпал на підприємстві. Вона дозволяє знизити витрати на утилізацію відходів, зокрема через переробку шпал у деревне вугілля та синтез-газ, що зменшує витрати на теплову енергію для виробництва. Система показує значні економічні переваги з урахуванням терміну амортизації (12 років), а також здатна покрити витрати на електроенергію та обслуговування.

Використання системи очищення відпрацьованих газів GreenTRAP NOVA дозволяє зменшити забруднення та викиди від дизельних маневрових локомотивів. Це не тільки знижує штрафи за перевищення екологічних норм, але й підвищує конкурентоспроможність компанії. Інвестиції в таку систему мають стратегічний характер, забезпечуючи переваги для підприємства та довкілля.

Встановлення системи LNG для заміщення частини дизельного палива дозволяє значно зменшити витрати на паливо, зокрема за рахунок нижчої ціни природного газу в порівнянні з дизельним паливом. Строк окупності проекту становить 7 років, що робить цей варіант вигідним для підприємства з точки зору економії та екології.

Система збору нафтопродуктів на залізничних коліях, зокрема з використанням склопластикових піддонів, є вигідним варіантом порівняно з бетонними відмостками. Вона має довший термін експлуатації (50 років проти 15 років у випадку бетону) і значно знижує витрати на обслуговування. Цей підхід також є екологічно безпечним, оскільки забезпечує ефективне утримання нафтопродуктів та знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

Застосування сорбенту «ЕКОЛАН-М» для очищення нафтопродуктів є економічно вигідним і екологічно безпечним методом. Витрати на очищення з його використанням значно нижчі за традиційні

методи (пісок, тирса), а також є безпечними для навколишнього середовища. В результаті, цей сорбент допомагає зменшити витрати на ліквідацію забруднень і сприяє покращенню екологічної ситуації.

Всі вище перелічені запропоновані заходи щодо впровадження новітніх технологій на гірничо-збагачувальному комбінаті, таких як піролізні установки, LNG системи, сорбційні речовини та системи збору нафтопродуктів, є економічно обґрунтованими та екологічно доцільними. Вони дозволяють знизити витрати на енергоносії, покращити екологічну ситуацію та підвищити ефективність виробництва, одночасно зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі поставлені і вирішені актуальні науково-практичні завдання, що полягають в підвищенні рівня екологічної безпеки залізничного транспорту гірничо-збагачувального дивізіону за рахунок запропонованих ефективних технологічних рішень та заходів.

1. За результатами розрахунків викидів небезпечних речовин від відпрацьованих газів дизельного маневрового локомотива отримано значне перевищення допустимих норм для оксидів азоту, оксиду вуглецю та вуглеводнів. Питомі викиди твердих частинок також перевищують норму на всіх режимах роботи, що свідчить про негативний вплив на навколишнє середовище.

Щодо витрат та економічного прорахунку встановлення LNG, перехід на двопаливний режим роботи тепловозу демонструє суттєву економію витрат на паливо. Порівняння витрат на дизельне паливо в традиційному режимі та на двох видах палива показує економію в розмірі 1 388 719,29 грн/рік. Це забезпечує швидку окупність проекту, термін якої складає близько 7 років, що є вигідним інвестиційним рішенням для залізничних підприємств.

Застосування системи очищення відпрацьованих газів та перехід на двопаливний режим є не тільки екологічно доцільним, а й економічно вигідним, з можливістю значної економії в довгостроковій перспективі. Інвестиції в ці технології сприяють не тільки зниженню викидів, але й підвищенню операційної ефективності підприємств та їх конкурентоспроможності на ринку. Крім того, ці технології забезпечують безпечну експлуатацію, що дозволяє мінімізувати ризики для працівників та обладнання.

2. Аналіз існуючих відходів залізничного підприємства показав, що шпали, просочені креозотом є небезпечним видом відходів, який підлягає особливій утилізації з мінімальним впливом на навколишнє природне середовище.

Встановлення вуглевипалювальної піролізної установки ВП"ЄВРО" на підприємстві є безпечним та економічно ефективним рішенням для утилізації відходів та зниження енергетичних витрат. Це призведе до економії понад 2,3 млн грн на рік за рахунок зниження витрат на утилізацію відходів. Піролізний газ, що буде вироблятися, значно дешевший за природний газ. Виробництво деревного вугілля також є суттєво дешевшим за ринкову ціну. Загальна вартість проекту становить близько 30 млн грн, а термін амортизації обладнання – 12 років, що робить інвестицію вигідною. Зважаючи на постійне зростання цін на енергоносії, встановлення такої установки дозволить знизити залежність від імпортованих енергоресурсів та забезпечити стабільність енергопостачання на підприємстві.

3. Оцінка ґрунту на залізничній станції виявила високий рівень забруднення важкими металами та нафтопродуктами, що негативно впливає на якість ґрунту, рослинність, тваринний світ та здоров'я людей. Аналіз економічної ефективності застосування системи збору нафтопродуктів на залізничних коліях показує значні переваги використання склопластикових піддонів порівняно з бетонними вимощеннями. Хоча початкова вартість склопластикового покриття є вищою, довгострокова експлуатація (понад 50 років) демонструє значно менші витрати на монтаж і обслуговування склопластикових піддонів, які також мають вищу довговічність і стійкість до впливу нафтопродуктів.

Використання склопластикових піддонів дозволяє не лише ефективно захищати докільця від забруднення, але й забезпечує економічні вигоди, оскільки їх заміна і ремонт потребують значно менших витрат у порівнянні з бетонними вимощеннями, що вимагають кількох замін протягом 50 років. Крім того, склопластикові піддони характеризуються високою стійкістю до впливу нафтопродуктів, що забезпечує їх безпечну експлуатацію в довгостроковій перспективі.

Застосування сорбаційних речовин, таких як «ЕКОЛАН-М», є ще одним важливим елементом економічно вигідного підходу до ліквідації розливів

нафтопродуктів. Сорбент має високу поглинальну здатність і є екологічно безпечним, що дозволяє знизити витрати на очищення забруднень на 30% у порівнянні з традиційними методами, такими як пісок, тирса чи хімічні реагенти. Крім того, сорбент «ЕКОЛАН-М» не потребує спеціальних умов зберігання та транспортування, що додає ще одну економічну вигоду. Висока стійкість та безпечна експлуатація сорбенту «ЕКОЛАН-М» забезпечують ефективне та довгострокове використання в різних умовах.

Застосування склопластикових піддонів на залізничних коліях та використання сорбційних речовин для ліквідації нафтопродуктів є економічно вигідним та екологічно безпечним рішенням, яке дозволяє значно зменшити витрати та забезпечити ефективний захист довкілля в довгостроковій перспективі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Grishenko K.Yu., Integrated solutions to improve the environmental safety of the railway division of the mining and processing plant. “Miningmetaltech 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education”: conference proceedings (November 28-29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 2. P. 134-136. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-161>.
2. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на метрополітенах України. Офіційний вебпортал парламенту України : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0591-04#Text> (дата звернення: 01.02.2025).
3. Фактори шкідливого впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище. Вплив залізниці на екологічний стан селища Мусіївка: веб-сайт. URL: [https://lubabolsun.blogspot.com/2015/07/blog-post\\_20.html](https://lubabolsun.blogspot.com/2015/07/blog-post_20.html) (дата звернення: 19.12.2024).
4. Викиди забруднюючих речовин і парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення у 2019 році. Держстат України : веб-сайт. URL: [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch\\_vzrap\\_u.htm](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch_vzrap_u.htm) (дата звернення: 19.12.2024)
5. Шпали. Woodmart : веб-сайт. URL: <https://sosna.ua/шпали/> (дата звернення: 28.01.2025).
6. Sokołowski S.R. TSI-aspekty drewnianej nawierzchni kolejowej; Proceedings of the Nawierzchnie Szynowe. Rynek-Inwestycje-Utrzymanie; Wisła, Poland. 22–23 March 2018.
7. Pyrolysis and Torrefaction – Thermal Treatment of Creosote-Impregnated Railroad Ties as a Method of Utilization – PMC. PMC Home.

website. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10096027/> (date of access: 19.12.2024)

8. Піроліз – перспективний спосіб утилізації дерев'яних шпал. Railway Supply : веб-сайт. URL: <https://www.railway.supply/uk/piroliz-perspektivnij-sposib-utilizaczii-derevyanih-shpal/#:~:text=Перспективним%20способом%20утилізації%20шпал%20може,дистиля%20цією%20кам'яновугільної%20олії.> (дата звернення: 13.12.2024)/

9. Про управління відходами: Закон України від 09 лип. 2023 р. № 17. веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n987> (дата звернення: 18.12.2024).

10. Потреба у фінансуванні оновлення локомотивного парку Укрзалізниці становить понад 51 млрд грн на 6 років: веб-сайт. URL: [https://www.uz.gov.ua/press\\_center/up\\_to\\_date\\_topic/511012/](https://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/511012/) (дата звернення: 18.12.2024).

11. Єжов Ю.В., Павленко Ю.С., Полулях С.М. Шляхи оновлення парку тепловозів в Україні. *Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад»*, 2020. Вип. 20. С.14 – 26.

12. Чи може Україна випускати сучасні локомотиви. Виставка Rail expo : веб-сайт. URL: <https://railexpoua.com/novyny/chy – mozhe – ukraine – vypuskaty – suchasni – lokomotyvy/> (дата звернення: 13.12.2024).

13. Sustainability in traction: green ideas for locomotives. Locomotives – Locomotives. *International Railway Journal* : веб-сайт. URL: [https://www.railjournal.com/in\\_depth/sustainability – in – traction – green – ideas – for – locomotives/](https://www.railjournal.com/in_depth/sustainability – in – traction – green – ideas – for – locomotives/) (date of access: 19.12.2024).

14. Track Collector Pan Systems – Syntechinics. *Syntechinics*. веб-сайт. URL: <https://syntechinics.net/track – collector – pan – systems/> (date of access: 19.12.2024)

15. Railway Maintenance Tracks Cleaned using S-200 Oilgone and Oilbuster – Slick Solutions. *Slick Solutions*: веб-сайт. URL: <https://slicksolutions.ie/railway-maintenance-tracks-cleaned-using-s-200-oilgone-and-prp/> (date of access: 19.12.2024).

16. Нафтопоглинаючий сорбент "Еколан-М" для очищення ґрунтів, водойм та стічних вод. *Світ відходів* : веб-сайт. URL: <https://waste.ua/index.php?page=ad&id=15412> (дата звернення: 28.01.2025).

17. Каталітичний нейтралізатор – що це? *Інтернет-магазин Demi Motors* : веб-сайт. URL: <https://demimotors.ua/bloh/katalizator-ua/> (дата звернення: 23.12.2024)

18. Модернізації тепловоза з двигуном GE C36-7I у газодизельний цикл. Виставка Rail expo : веб-сайт. URL: [railexpoua.com](http://railexpoua.com) (дата звернення: 19.01.2025).

19. Traidenis. *Titulinis* – *Traidenis*. веб-сайт. URL: <https://www.traidenis.lt/produktua-190/-5/sistema-zboru-naftoproduktiv-dovzinou-48-m-v-lokomotivnomu-depo-m-rezekne-latvia/> (date of access: 18.12.2024).

20. ГСТУ 32.001 – 94. Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми та методи визначення. Чинний від 01.01.1995 р.

21. Технічний паспорт тепловоза ТЕМ №2730. (Внутрішня документація підприємства).

22. Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2016. Вип. 29.

23. Pyrolysis and Torrefaction–Thermal Treatment of Creosote-Impregnated Railroad Ties as a Method of Utilization. *MDPI*: веб-сайт. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/7/2704> (date of access: 23.12.2024).

24. ДСТУ ГОСТ 17.4.4.02:2019 Методи відбирання та підготування проб ґрунту для хімічного, бактеріологічного, гельмінтологічного аналізу.

ДБНУ : веб-сайт. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/gost\\_17\\_4\\_3\\_01\\_2019/5-1-0-1845](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/gost_17_4_3_01_2019/5-1-0-1845) (дата звернення: 16.12.2024).

25. Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. Офіційний вебпортал парламенту України : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text> (дата звернення: 17.12.2024).

26. Чим просочують дерев'яні шпали. МСК Україна. МСК Україна : веб-сайт. URL: <https://mskukraine.com/uk/katalog-produkcziyi/kolorovyj-metaloprokat/nihrom-prokat/chym-prosochuyut-derevyani-shpaly/#:~:text=Якісна%20обробка%20шпал%20дерев'яних,служби%20до%2015-20%20років.> (дата звернення: 09.01.2025).

27. Акти списання технічно-матеріальних цінностей. Служба колії. Внутрішня література підприємства.

28. Кам'яновугільна смола. Вікіпедія : веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Кам'яновугільна\\_смола](https://uk.wikipedia.org/wiki/Кам'яновугільна_смола) (дата звернення: 09.01.2025).

29. Про управління відходами. Офіційний вебпортал парламенту України : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n987> (дата звернення: 23.01.2025).

30. Креозот. Вікіпедія. веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Креозот> (дата звернення: 09.01.2025).

31. Проблема утилізації залізничних шпал може бути вирішена. Обладнання для отримання теплової енергії. Обладнання для виробництва та переробки деревного вугілля. GreenPower : веб-сайт. URL: <https://greenpower.com.ua/clients/articles/2016-09-02-13-16-20//> (дата звернення: 09.01.2025).

32. Біокомпозити та композиційні матеріали на основі відходів переробки деревини. StudFiles : веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/9759448/page:3/> (дата звернення: 09.01.2025).

33. Генераторна установка для газифікації біомаси. Wood Gasifier Generator, Syngas Gasifier, Biomass Gasifier Supplier – Qingdao Kexin : веб-сайт. URL: <https://www.greenpowerkexin.com/uk/product-wood-pyrolysis-power-generation-biomass-power-generation-equipment-power-plant-biomass-gasifier-ce-certification> (дата звернення: 11.01.2025).

34. Газифікація паливних корисних копалин. Вікіпедія : веб-сайт. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Газифікація\\_паливних\\_корисних\\_копалин](https://uk.wikipedia.org/wiki/Газифікація_паливних_корисних_копалин) (дата звернення: 09.01.2025).

35. Часть II. Заготовка и переработка лесохимического сырья. StudFiles : веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7786888/> (дата звернення: 09.01.2025).

36. GreenTRAP™ NOVA-Series Active DPF and DOC. Nett Technologies : веб-сайт. URL: <https://www.nettinc.com/products/diesel-particulate-filters-dpf/greentrap-nova-active-dpf> (date of access: 17.01.2025).

37. Hybrid Locomotives: Locomotive System: Information System | Railway Systems. Toshiba Infrastructure Systems & Solutions : веб-сайт. URL: <https://www.global.toshiba/ww/products-solutions/railway/locomotives/hybrid.html> (date of access: 19.01.2025).

38. Сорбенти, сорбент для збирання нафти, характеристики, застосування, ефективність дії (Київ, Україна). ТМСпецмаш, сальникове ущільнення, сорбенти, лазерне різання, створення композиційних матеріалів, нановуглецеві матеріали : веб-сайт. URL: <http://nabivka.com/ua/sorbenti.html> (дата звернення: 23.12.2024).

39. Положення про розробку інструкцій з охорони праці. Офіційний вебпортал парламенту України : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98#Text> (дата звернення: 29.01.2025).

40. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників. Офіційний вебпортал парламенту України : веб-сайт. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 29.01.2025).

41. Інструкція локомотивній бригаді. №ЦТ-0106: наказ УЗ від 22 лист 2004 р. №876/ЦЗ. Київ. 22с.

42. Принцип технології піролізу. Головна – Обладнання для отримання теплової енергії. Обладнання для виробництва та переробки деревного вугілля : веб-сайт. URL: <http://greenpower.com.ua/clients/articles/2016-08-26-11-54-51//> (дата звернення: 11.01.2025).

Публікація за темою досліджень



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2024 – THE MINING  
AND METALS SECTOR: INTEGRATION  
OF BUSINESS, TECHNOLOGY  
AND EDUCATION**

November 28–29, 2024

Volume 2



International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 2. 368 pages.

#### **Program Committee**

*Chairman of the program committee of the conference* – **Yuriy RYZHENKOV**, General Director, METINVEST HOLDING LLC

*Vice-chairman of the program committee of the conference* – **Oleksandr POVAZHNY**, DSc (Economics), Professor, Rector, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

*Secretary of the program committee of the conference* – **Maksym KARAKAI**, PhD (Public Administration), Scientific Secretary, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

**Oleksandr MYRONENKO** – Operations Director, METINVEST HOLDING LLC

**Tetyana PETRUK** – Director of sustainable development and interaction with personnel, METINVEST HOLDING LLC

**Olga OVCHYNNIKOVA** – Director of economics and development of business systems, METINVEST HOLDING LLC

**Yuliya DANKOVA** – Financial director, METINVEST HOLDING LLC

**Svitlana ROMANOVA** – Director of legal support, METINVEST HOLDING LLC

**Andriy YEMCHENKO** – PhD (Engineering), Director of technical development, METINVEST HOLDING LLC

**Dmytro TEVELEV** – Adviser to the general director, METINVEST HOLDING LLC

**Oleksandr PODKORYTOV** – Director of technology and quality, METINVEST HOLDING LLC

**Pavlo UZBEK** – Director of the LP, IS, HC and EP department, METINVEST HOLDING LLC

**Vitaly KOVALENKO** – Director of the Department of Sustainable Development and Environmental Management, METINVEST HOLDING LLC

**Marya VASILYEVA** – General director, “Metinvest Sichstal” LLC

**Gregory MASON** – member of the Supervisory Board

**Andrii KOSTRYZHEV** – Project Manager – Material Characterization Scientist, The University of Queensland

#### **Conference organizing committee**

The head of the organizing committee of the conference – **Volodymyr KUKHAR**, DSc (Engineering), Professor, Vice-rector for research work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Deputy head of the conference organizing committee – **Nataliya REKOVA**, DSc (Economics), Professor, First vice-rector – vice-rector for educational work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the organizing committee of the conference – **Khrystyna MALII**, PhD (Engineering), Head of the research department, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Volodymyr PASHYNSKY** – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Materials Science and Applied Mechanics, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Vyacheslav KAMENETS** – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Mining, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

---

Riga, the Republic of Latvia

November 28–29, 2024

---

**Pavlo SAHAIDA** – DSc (Engineering), Associate Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleksiy KOYFMAN** – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Automation, Electrical and Robotic Systems, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleg KRUZHLYKO** – DSc (Engineering), Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Dmytro PIKARENYA** – DSc (Geology), Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Nataliia HRUDKINA** – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Natural Sciences and General Engineering, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Dmytro ZHERLITSYN** – DSc (Economics), Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.

The reference is mandatory in case of republishing or citation.

Riga, the Republic of Latvia

November 28–29, 2024

Monitoring of the casting process and correction of rhomboid defects in continuously cast billets <b>Shyrokykh D.I., Miroshnychenko V.I.</b> .....	122
Concept of the iron ore concentrate dewatering control process <b>Yarovyi K.V.</b> .....	124
Automatic control of electric transport in underground mining of minerals according to the criterion of minimum specific energy consumption <b>Yatsiuk D.S.</b> .....	126
<b>INNOVATIONS IN CIVIL AND OCCUPATIONAL SAFETY</b>	
Technogenic threats and resilience of the steel industry <b>Volodchenkova N.V., Kruzylko O.Ye., Rekova N.Yu.</b> .....	129
Creating a safe environment in dead-end workings <b>Volodchenkova N.V., Cheberiachko Yu.I., Bedniuk O.V.</b> .....	131
Integrated solutions to improve the environmental safety of the railway division of the mining and processing plant <b>Grishchenko K.Yu.</b> .....	134
Prospects and obstacles to the implementation of human centric lighting in Ukraine <b>Demchuk H.V., Kashtanov S.F.</b> .....	137
Foundry production of Ukraine on the way to victory and the post-war development of Ukraine's economy <b>Demchuk H.V., Liutyi R.V.</b> .....	140
Theoretical principles of forecasting occupational health and safety indicators <b>Kruzylko O.Ye., Volodchenkova N.V., Zabolotnii O.M.</b> .....	145
Peculiarities of attestation of workplaces of a mining enterprise <b>Maistrenko V.V., Repin M.V.</b> .....	147
Features of implementing NPAOP to the standards of an engineering company <b>Merkulov S.V.</b> .....	150

гірничих виробок. Він заснований на аспірації запиленого повітря від джерел пиловиділення з подальшим очищенням його в пиловловлювачах.

#### Перелік використаних джерел

1. Mukha O., Cheberiyachko Y., Sotskov, V., Kamulin A. Studying aerodynamic resistance of a stope involving CAD packages modeling. In E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 123. p. 01048.
2. Analysis of the processes of dust formation and spread during the operation of a mining combine harvester in a dead-end production / Y. Cheberyachko та ін. Collection of Research Papers of the National Mining University. 2024.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-161>

### INTEGRATED SOLUTIONS TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE RAILWAY DIVISION OF THE MINING AND PROCESSING PLANT

#### КОМПЛЕКСНІ РІШЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ДИВІЗІОНУ ГІРНИЧО- ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

<b>Grishchenko K.Yu.,</b> <i>Student (group 183-23-1m), LLC "Technical university "Metinvest polytechnic", Dnipro, Ukraine</i>	<b>Грищенко К.Ю.,</b> <i>студент гр. 183-23-1м, ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Дніпро, Україна</i>
---	---

Залізниця і рухомий склад є в'язучою ланкою між підприємствами та вантажоодержувачами, яка має функціонувати максимально ефективно, але з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Можна виділити три основні проблеми негативного впливу залізниць і рухомого складу на середовище: старий рухомий склад, викиди CO<sup>2</sup> від маневрових тепловозів та утилізація дерев'яних б/в шпал.

Викиди забруднюючих речовин від рухомих джерел становлять у середньому 1,65 млн. тон на рік. Основне забруднення відбувається в

районах, де в якості локомотивів використовують тепловози з дизельними силовими установками [1].

До негативного впливу на навколишнє середовище відноситься забруднення залізничних колій нафтопродуктами, які витікають із залізничних цистерн та зливальних приладів. Забруднення колій маслом трапляється під час заправлення буке, з нещільно закритих буке та з колісних пар, що забруднює ґрунт. Найбільші площі забруднення спостерігаються на тракційних коліях локомотивного депо, у місцях підготовки цистерн для наливу нафтопродуктів, на станціях у місцях відстою та екіпірування тепловозів, а також на паливних складах.

Утилізація дерев'яних шпал, оброблених креозотом, є серйозною проблемою через їх токсичність і класифікацію як небезпечних відходів.

До проблем утилізації даного виду відходів відноситься токсичність креозоту. Токсичні хімічні речовини можуть проникати в ґрунт, завдаючи шкоди рослинам і мікроорганізмам. Токсини з креозоту також можуть потрапляти у підземні води, забруднюючи їх і шкодячи водним екосистемам.

Розглянемо стисло сучасні підходи щодо мінімізації виявлених основних проблем негативного впливу залізниць і рухомого складу на довкілля.

Система збирання нафтопродуктів на залізничних коліях вже активно застосовується в країнах Євросоюзу і демонструє свою ефективність. Ці системи забезпечують значний захист навколишнього середовища від забруднення, яке може виникати при перевезенні та обслуговуванні залізничного транспорту, що перевозить нафтопродукти.

Метод бетонування уступає системі збирання нафтопродуктів на залізничних коліях, хоча і є економічно вигідним, але тільки на перший погляд. Реальні витрати на монтаж, частий ремонт та складність експлуатації зрештою нівелюють початкову вигоду. Альтернативні системи збору нафтопродуктів, які вже довели свою ефективність у країнах Євросоюзу, пропонують більш надійні та економічно доцільні рішення, забезпечуючи кращий захист навколишнього середовища та зниження довгострокових витрат.

Проблему оновлення парку тепловозів можна вирішувати двома шляхами: за рахунок придбання за кордоном нових сучасних локомотивів або шляхом відновлення ресурсу існуючих тепловозів через проведення капітального ремонту з подовженням терміну служби або капітально-відновлювального ремонту з модернізацією та подовженням терміну служби.

Утилізація дерев'яних шпал, оброблених креозотом, є серйозною проблемою через їх токсичність і класифікацію як небезпечних відходів.

Піроліз, який використовується для термічного розкладання відпрацьованих дерев'яних шпал без доступу повітря з наступною дистиляцією кам'яновугільної олії, виявляється перспективним методом утилізації цих матеріалів. Цей процес відбувається в герметичних умовах, що дозволяє ефективно запобігти забрудненню довкілля і отримати економічну вигоду. Правильно організований технологічний процес піролізу забезпечує задоволення енергетичних потреб процесу, а також можливість використання надлишків тепла для технічних або побутових потреб. Такий підхід є важливим кроком у напрямку сталого використання ресурсів та зменшення викидів відпрацьованих матеріалів у середовище [2].

Вище зазначене свідчить про актуальність подальших досліджень та впровадження новітніх методів збору нафтопродуктів, утилізації дерев'яних б/в шпал та вдосконалення дизельного двигуна.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Рибіна О. І., Методичні особливості оцінки економічного збитку від впливу залізничного транспорту. *Механізм регулювання економіки*. 2012, Вип. № 3. С. 143-149. URL: [https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/articles/issue\\_8/O\\_I\\_RybinaMethodological\\_features\\_of\\_estimates\\_of\\_economic\\_damage\\_from\\_the\\_impact\\_of\\_rail\\_transport.pdf](https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/articles/issue_8/O_I_RybinaMethodological_features_of_estimates_of_economic_damage_from_the_impact_of_rail_transport.pdf) (дата звернення: 29.10.2024).
2. Відходи деревини, дерев'яні відходи. Екологічні Інвестиції. URL: <https://ecological.investments/vidxodi-derevini,-derevyani-vidxodi.html> (дата звернення: 29.10.2024).



