

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра екології, охорони навколишнього середовища
та здорового способу життя

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою ЕОНС та ЗСЖ
к.б.н., доцент
_____ Ольга МЕДВЕДСВА
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“ Екологічна оцінка ефективності заходів зниження
парникових газів транспортною системою
Кіровоградської області ”

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи ЕО-23 М
ОПП «Екологія»
спеціальності 101 «Екологія»
_____ Орел Р.П.
« ____ » _____ 2024 р.
Керівник роботи
к.б.н., доцент
_____ Ольга МЕДВЕДСВА
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____ Олег БЕВЗ
« ____ » _____ 2024 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет АТ

Кафедра ЕОНС та ЗСЖ

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 10 – Природничі науки

Спеціальність 101 - екологія

Освітньо-професійна програма: Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ЕОНС та ЗСЖ

к.б.н., доцент

Ольга МЕДВЕДЄВА

“ ” 2024 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

Орлу Роману Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Екологічна оцінка ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області

2. Керівник роботи

Медведева О.В., кандидат біологічних наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом ЦНТУ “ 27 ” вересня 2024 року № 68 - 13

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Метою роботи – є розробка науково обґрунтованих підходів до оцінки викидів парникових газів транспортною системою Кіровоградської області, що сприятиме зниженню їх негативного впливу на клімат та екологічну безпеку регіону.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

– Сформувати основні засади визначення викидів парникових газів транспортної системи регіону із застосуванням та вдосконаленням три рівневі методики оцінки обсягів викидів від автомобільного транспорту та об'єктів дорожнього господарства.

– Визначити перелік вихідних даних, необхідні проведення оцінки викидів ПГ від транспортної системи Кіровоградської області та об'єктів дорожнього господарства.

– Розробити новий методичний інструмент верифікації показників транспортної роботи, що використовуються, та отриманих обсягів викидів ПГ із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних.

– Провести огляд заходів, спрямованих на скорочення викидів ПГ від об'єктів транспортної системи Кіровоградської області.

3. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технологічна частина	Доцент Медведєва О.В.		
Охорона праці	Доцент Лузан П.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ П/П	Строк виконання етапів роботи	Назва етапів кваліфікаційної роботи
Перший	14.10.2024 року	Розділ 1.Огляд літератури,
Другий	21.10.2024 року	Розділ 2. Технології переробки ПЕТ відходів Розділ 3.Методика досліджень
Третій	15.11.2024 року	Розділ 4. Результати досліджень
Четвертий	21.11.2024 року	Розділ 5. Охорона праці
П'ятий	27.11.2024 року	Висновки, список літератури, вступ.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2024 р.

Підпис керівника

_____ Медведєва О.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2024р.

Підпис здобувача

_____ Орел Р.П.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

На тему: «Екологічна оцінка ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області».

Кваліфікаційна робота магістра виконана на 86 сторінках, включає 10 таблиць, 18 рисунків, 69 літературних джерела.

Об'єктом дослідження є транспортна система Кіровоградської області.

Предметом дослідження є методика визначення та верифікації викидів парникових газів транспортної системи регіону, необхідна для оцінки заходів щодо скорочення викидів ПГ.

Метою роботи є розробка науково обґрунтованих підходів до оцінки викидів парникових газів транспортною системою Кіровоградської області, що сприятиме зниженню їх негативного впливу на клімат та екологічну безпеку.

За результатами дослідження встановлено, що оптимізація транспортних маршрутів, впровадження електротранспорту та використання альтернативних видів палива знижують рівень викидів CO₂ на 15–25%. Новизна роботи полягає в інтегрованому підході до оцінки заходів із врахуванням кліматичних, економічних та соціальних аспектів.

Новизна роботи полягає у комплексній оцінці ефективності таких заходів із врахуванням регіональних особливостей.

Наукова значущість полягає у розробці моделі оцінки впливу транспорту на кліматичні зміни.

Практичні результати передбачають рекомендації для органів влади щодо оптимізації транспортної політики для зниження вуглецевого сліду.

Значення роботи полягає у сприянні сталому розвитку регіону та виконанні міжнародних екологічних зобов'язань.

Ключові слова: транспорт, парникові гази, екологія, вуглецевий слід, сталий розвиток.

Перелік умовних позначень

1. **ПГ** – парникові гази.
2. **CO₂** – вуглекислий газ.
3. **NO_x** – оксиди азоту.
4. **CH₄** – метан.
5. **ТЗ** – транспортні засоби.
6. **ВПГ** – викиди парникових газів.
7. **ЕТ** – електротранспорт.
8. **АВП** – альтернативні види палива.
9. **ВТІ** – відновлювальні транспортні інфраструктури.
10. **ОТМ** – оптимізація транспортних маршрутів.
11. **ЗВПГ** – зниження викидів парникових газів.
12. **ЕЕЗ** – екологічна ефективність заходів.
13. **СЗР** – сталий розвиток регіону.
14. **ВЕФ** – вуглецева ефективність флоту.
15. **КЕО** – клімато-енергетична оцінка.

ЗМІСТ

	Стор
Реферат	4
Перелік умовних позначень	5
Вступ	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАКОРДОННИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ТРАНСПОРТІ ТА ЗАХОДИ З ЇХ СКОРОЧЕННЯ (Огляд літератури).	12
1.1. Транспортний комплекс України як джерело викидів парникових газів	12
1.2. Аналітичний огляд вітчизняних, зарубіжних та міжнародних методик оцінки обсягів (інвентаризації) викидів парникових газів від пересувних джерел та об'єктів дорожнього господарства	17
1.3. Аналіз заходів, спрямованих на зниження викидів парникових газів пересувними джерелами та об'єктами дорожнього господарства	23
РОЗДІЛ 2 ВПЛИВ АВТОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ТА ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ	30
2.1. Фізико-географічна характеристика Кіровоградської області	30
2.2. Вплив автотранспорту на фізико-географічні умови Кіровоградської області	32
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ КІРОВОГРАДСЬ-КОЇ ОБЛАСТІ	36
3.1. Методи оцінки викидів парникових газів від пересувних джерел викидів та об'єктів дорожнього господарства	36
3.2. Методи інтелектуального аналізу даних при оцінці викидів парникових газів від пересувних джерел та об'єктів дорожнього господарства	42
3.3. Підготовка даних для аналізу	44

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ СПРЯМОВАНИХ НА ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В КІРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ	50
4.1. Аналіз сценаріїв розвитку транспортного комплексу до 2030 року Оцінка викидів парникових газів від пересувних джерел та	53
4.2. об'єктів дорожнього господарства для Кіровоградської області за період з 1990 по 2021 років.	58
4.3. Проведення верифікації показників транспортної системи Кіровоградської області	59
4.4. Проведення верифікації показників транспортної роботи з оцінкою заходів, спрямованих на зниження викидів парникових газів для розвитку транспортної системи Кіровоградської області	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	68
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути при виконанні оцінки ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області	68
5.2. Розробка заходів по запобіганню дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів і покращенню умов праці.	69
5.3. Розробка заходів з пожежної профілактики	76
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

ВСТУП

Актуальність теми. Транспорт є одним з основних джерел забруднення повітря і викидів парникових газів, які сприяють зміні клімату. Кіровоградська область, як і багато інших регіонів України, має проблеми з високими рівнями викидів, що спричинені значною кількістю автомобільного транспорту та відсутністю ефективних заходів з модернізації транспортної інфраструктури. Це веде до погіршення екологічної ситуації та зростання захворюваності серед населення. Водночас, зниження парникових газів у транспортній сфері є ключовим елементом у боротьбі зі змінами клімату та покращенні якості повітря.

Важливим аспектом цієї теми є необхідність оцінки та вдосконалення ефективності існуючих заходів щодо зниження викидів, таких як розвиток екологічно чистих видів транспорту, поліпшення транспортної інфраструктури, оптимізація маршрутів і зменшення забруднення від вантажного транспорту.

Дослідження цих аспектів дозволить не лише розробити практичні рекомендації для місцевих органів влади, а й внести вклад у досягнення глобальних цілей з охорони довкілля та сталого розвитку. Оцінка ефективності цих заходів дозволить не тільки знизити рівень забруднення, але й сприятиме економії ресурсів, що має стратегічне значення для Кіровоградської області, де транспорт є основним двигуном економіки.

Таким чином, тема цієї роботи є надзвичайно актуальною з точки зору екологічної безпеки, сталого розвитку та збереження здоров'я населення області, а також реалізації національної стратегії щодо боротьби з кліматичними змінам [1].

Мета роботи є розробка науково обґрунтованих підходів до оцінки викидів парникових газів транспортною системою Кіровоградської області, що сприятиме зниженню їх негативного впливу на клімат та екологічну безпеку регіону.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

1. Сформувати основні засади визначення викидів парникових газів (ПГ) транспортної системи регіону із застосуванням та вдосконаленням три рівневі методики оцінки обсягів викидів ПГ від автомобільного транспорту та об'єктів дорожнього господарства.

2. Визначити перелік вихідних даних, необхідні проведення оцінки викидів ПГ від транспортної системи Кіровоградської області та об'єктів дорожнього господарства.

3. Розробити новий методичний інструмент верифікації показників транспортної роботи, що використовуються, та отриманих обсягів викидів ПГ із застосуванням методів інтелектуального аналізу даних.

4. Виконати огляд заходів, спрямованих на скорочення викидів ПГ від об'єктів транспортної системи Кіровоградської області.

5. На підставі розробленої та вдосконаленої методики визначення викидів ПГ та інтелектуального аналізу показників транспортної роботи оцінити ефективність заходів, спрямованих на зниження викидів ПГ транспортної системи Кіровоградської області.

Об'єктом дослідження є транспортна система регіону.

Предметом дослідження є методика визначення та верифікації викидів парникових газів транспортної системи регіону, необхідна для оцінки заходів щодо скорочення викидів ПГ.

Методи дослідження. В роботі використовувалися методи теорії чисельного розрахунку обсягу викидів ПГ, системного прогнозування, теорії ймовірностей, комп'ютерного моделювання та інтелектуального аналізу даних. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програм Microsoft Excel.

Інформаційною базою роботи є законодавчі та інші нормативно-правові акти України з питань охорони навколишнього середовища, матеріали науково-практичних конференцій з проблем екологічної політики та захисту довкілля, матеріали державних органів статистики, сільськогосподарських та

промислових підприємств і установ Кіровоградської області, а також власні дослідження та спостереження.

Наукова новизна. Полягає в наступному:

Запропоновано вдосконалену три рівневу методику визначення викидів ПГ, що дозволяє проводити оцінку викидів ПГ не тільки від автомобільного транспорту, а й об'єктів дорожнього господарства.

Сформовано перелік показників транспортної роботи, необхідних для проведення оцінки викидів ПГ, та на їх основі запропоновано алгоритм проведення верифікації використовуваних показників за допомогою методів інтелектуального аналізу даних.

Розглянуто можливість застосування методів інтелектуального аналізу при проведенні оцінки ефективності заходів, спрямованих на скорочення викидів ПГ, включаючи оцінку нових, раніше невивчених заходів.

Особистий внесок здобувача в наукові дослідження. Викладені в роботі результати отримано автором самостійно. Щодо розглянутих в магістерській роботі задач, котрі розв'язані в працях, спільних з науковим керівником, О.В. Медведєвою, їй належить постановка проблеми досліджень і загальне керівництво роботою.

Наукова і практична значимість. Наукова значущість роботи полягає у розробці та вдосконаленні методичного інструменту щодо проведення розрахункової оцінки викидів ПГ транспортної системи Кіровоградської області та верифікації використовуваних розрахункових показників транспортної роботи.

Практична значимість роботи полягає у створенні універсального розрахункового інструменту оцінки обсягів викидів ПГ транспортної системи Кіровоградської області, що дозволяє об'єктивно оцінювати обсяг викидів, що формуються транспортної системи регіону, які мають високий рівень Достовірності та обґрунтованості Розроблена методика може бути легко адаптована до проведення оцінки викидів ПГ для будь-якої транспортної

системи різних регіонів, з проведенням оцінки необхідних заходів щодо скорочення викидів ПГ.

Апробація результатів дослідження Основні положення випускної роботи доповідалися на міжнародній конференції: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології агропромислового виробництва» (м. Кропивницький, 14-15 листопада 2024 р).

Публікації. Результати проведених досліджень в даній магістерській роботі опубліковані у вигляді тез доповідей: Ольга Медведєва, Олег Орел, Екологічна оцінка ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології агропромислового виробництва» (м. Кропивницький, 14-15 листопада 2024 р), ЦНТУ, 2024 С. 98-100 [3].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАКОРДОННИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В ОБЛАСТІ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ТРАНСПОРТІ ТА ЗАХОДИ З ЇХ СКОРОЧЕННЯ

1.1. Транспортний комплекс України як джерело викидів парникових газів

Парниковий ефект виникає, коли парникові гази (ПГ), що вільно пропускають видиме сонячне світло до поверхні Землі, поглинають або розсіюють теплове випромінювання, що походить від Землі в космічний простір. Серед антропогенних ПГ основними вважаються: вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4), закис азоту (N_2O), хлорфторвуглеці (ХФВ), шестифториста сірка (SF_6), трифторид азоту (NF_3), озон (O_3), чадний газ (CO), неметанові вуглеводні (NMHC), оксиди азоту (NO та NO_2 , сумарно позначаються як NO_x) діоксид сірки (SO_2) та водяна пара (H_2O).

У радіаційному впливі на кліматичну систему домінуюча роль належить довгоживучим ПГ – вуглекислому газу (CO_2), метану (CH_4), закису азоту (N_2O) та хлорфторвуглецам (ХФВ), які хімічно стабільні та зберігаються в атмосфері від десяти років до кількох століть викиди надають довготривалий вплив на клімат. Вони перемішуються в атмосфері набагато швидше, ніж видаляються, та їх глобальні концентрації можна точно оцінити за даними кількох спостережних станцій. Слід зазначити, що транспортний комплекс формує в основному викиди CO_2 , CH_4 і N_2O , однак у великих містах частка викидів, зазначених ПГ, пов'язаних з експлуатацією транспортних засобів, може становити до 80 % від загальної кількості джерел, що формуються викидами ПГ.

В Україні на частку транспортного комплексу припадає 1,5 млн. км. автомобільних шляхів різних категорій, 1 млн. км. повітряних трас, 86,4 тис. км. залізничних та 101,5 тис. км. внутрішніх водних шляхів. У транспортному комплексі налічується близько 3 тис. організацій, у яких зайнято приблизно 2

млн. людина (близько 4% зайнятих економіки). Незважаючи на вищезгадану інформацію, Україна відстає не тільки від країн, що розвиваються, але і від провідних розвинених економік світу за вантажо-і пасажирооборотом, а за ефективністю вантажної логістики займає 79-е місце [5]. За даними Головного управління із забезпечення безпеки дорожнього руху Міністерства внутрішніх справ у Україні на початок 2018 року було зареєстровано 5710,5 тис. автотранспортних засобів, з яких чисельність автомобілів, які мають можливість використання:

- компримованого природного газу як моторне паливо склала 146,2 тис. од.;
- скрапленого вуглеводневого газу – 1172,4 тис. од.;
- електродвигунів – 13,5 тис. од., у тому числі з гібридною силовою установкою – 13,1 тис. од.

Слід зазначити, що в даний час в нашій державі налічується близько 70 станцій зарядки електромобілів, 40 з яких розташовані в Києві та в Київській області, 3 – в Кропивницькому, решта 27 – на захійній частині нашої держави.

Низький рівень мобільності населення стримує інвестиційну привабливість транспортного сектора, що не дозволяє компенсувати витрати на розвиток транспортної інфраструктури та призводить до необхідності збільшення його державної підтримки. Все це відбивається на енергоефективності транспорту та відповідно до рівня викидів ПГ.

В даний час достовірно оцінити обсяг викидів ПГ транспортним сектором не є можливим через відсутність законодавчо затверджених методик та механізмів отримання статистичних вихідних даних, необхідних для розрахунку обсягу викидів ПГ від об'єктів та технологій, що перебувають у віданні транспортних організацій, що здійснюють господарську та іншу діяльність в Україні, і навіть у власності фізичних осіб з одного боку, а з іншого це не дозволяють зробити воєнна агресія держави-терористки.

У літературі наводяться розрахункові кількісні оцінки викидів ПГ транспортом загалом та її окремими видами під час використання певних

наборів вихідних даних. Так, результати оцінки обсягів (інвентаризації) та динаміки викидів ПГ транспортом представлені у Національній доповіді про кадастр антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами ПГ, що не регулюються Монреальським протоколом [7]. Відповідно до положень цього документа, транспорт відноситься до сфери енергетики (83 % сумарних викидів), в якій сумарна емісія ПГ лише від спалювання палива від усіх категорій джерел у 2015 році склала 1,43 млн. т CO₂-екв., у тому числі частку транспорту припадає 19 % викидів ПГ (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Емісія парникових газів (ПГ) при спалюванні палива за категоріями джерел в Україні (т CO₂-еквівалента)

Роки	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Всього	2,29	1,45	1,31	1,35	1,4	1,39	1,44	1,35	1,41	1,46	1,47	1,41	1,42	1,43
Енергетика	1,17	0,91	0,84	0,86	0,89	0,88	0,9	0,84	0,88	0,89	0,91	0,85	0,85	0,82
Промисловість	0,21	0,09	0,1	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15
Транспорт	0,32	0,21	0,17	0,21	0,21	0,22	0,23	0,21	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	0,27
Інші галузі	0,27	0,2	0,18	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,12	0,14	0,14	0,15

На рисунку 1.1 наведено результати оцінки валових викидів ПГ транспортом загалом та його окремими видами в період з 1990 по 2015 роки. [7], але на рис 1.2 – відносна частка у валових викидах ПГ окремих видів транспорту.

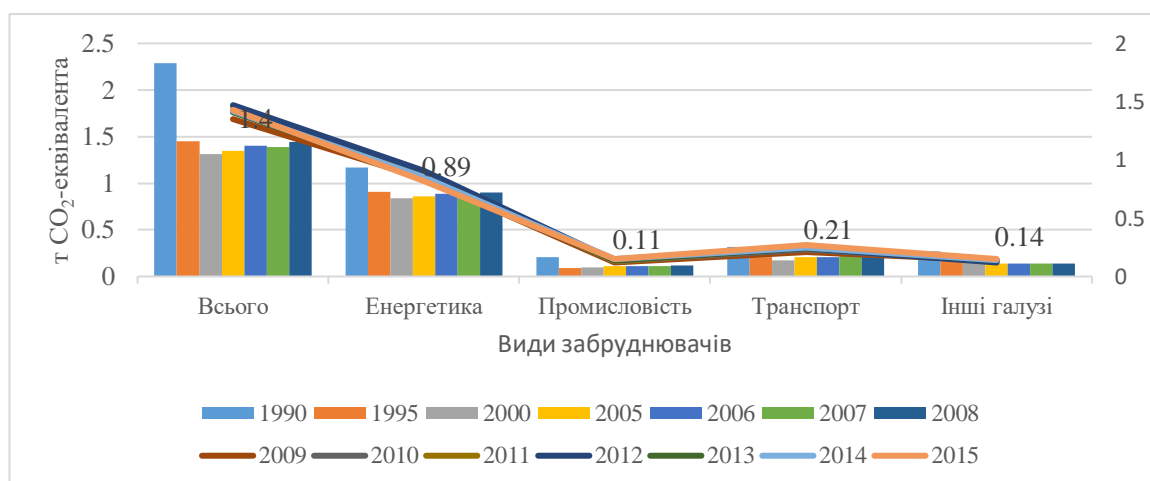


Рисунок 1.1 – Внесок різних видів транспорту у сумарний викид CO₂ від категорії «Транспорт» в Україні

За даними національного кадастру у 2017 році обсяг викидів ПГ від спалювання моторного палива всіма видами транспорту (крім трубопровідного) становив 184,3 млн. т. CO₂-екв., у тому числі дорожнім

(автомобільним) транспортом 165,1 млн. т., цивільною авіацією – 10,69 млн. т., залізничним транспортом – 6,63 млн. т. та водним транспортом – 1,84 млн. т. На підставі аналізу даних, наведених у Національній доповіді про кадастр викидів ПГ, спостерігається різна динаміка зміни валових викидів ПГ різними видами транспорту.

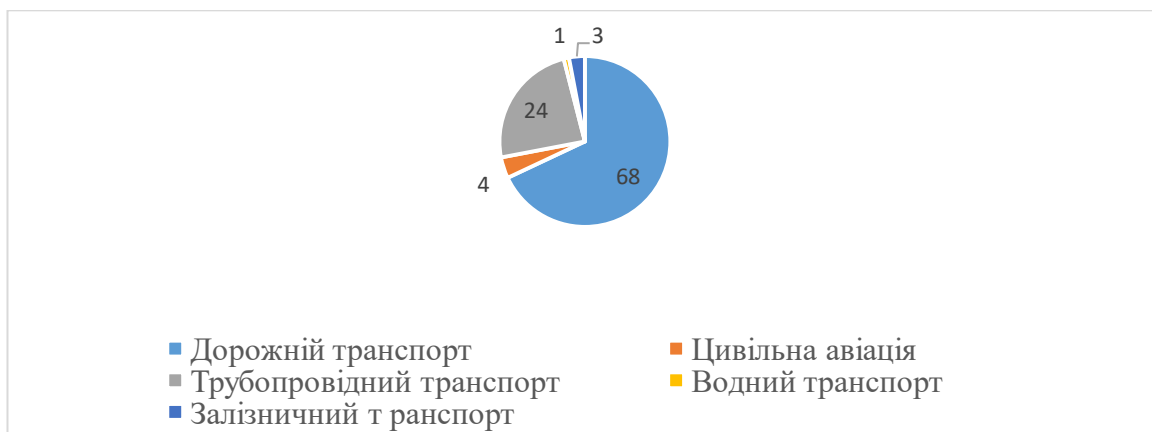


Рисунок 1.2 – Внесок різних видів транспорту до сумарного викиду CO₂, т (за даними 2021 року)

Якщо для залізничного, водного транспорту та цивільної авіації у період з 1990 по 2015 роки суттєвих змін валових викидів ПГ практично не відбувалося, то по дорожньому транспорту спостерігається зовсім інша ситуація – спочатку у період з 1990 по 1999 роки до 165,09 млн. т. CO₂-екв., а в 2013 році вже 154,86 млн. т. CO₂-екв., тобто. на 7% більше ніж станом на 1990 рік.

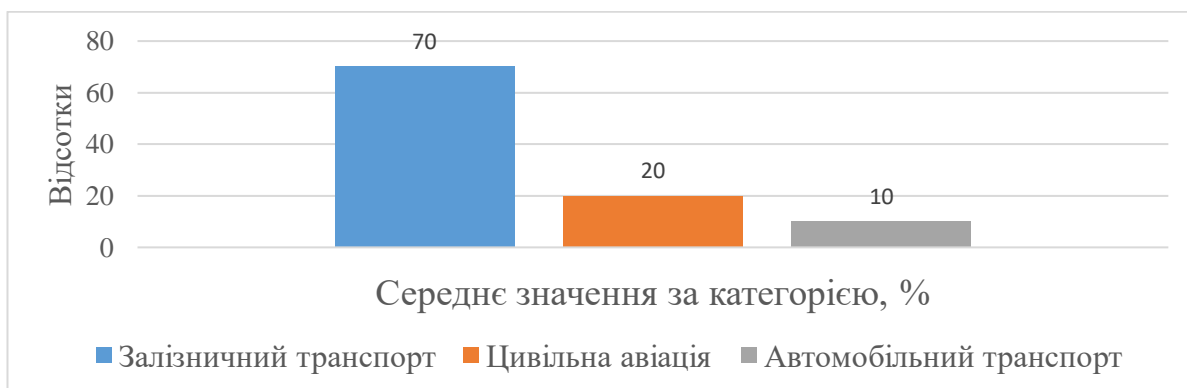


Рис. 1.3 – Відсоток скорочення викидів CO₂ від спалювання палива з різних видів транспорту у період із 1990 по 2009 роки

З рисунку 1.3 випливає, що за 20-ти літній період автомобільний транспорт має мінімальний із усіх видів транспорту відсоток скорочення викидів ПГ [6]. Пов'язано це, насамперед, із відсутністю чіткої державної політики у питаннях підвищення енергоефективності індивідуального пасажирського та вантажного автомобільного транспорту, ліквідацією великих автотранспортних підприємств та виробничо-технічних баз щодо їх технічного обслуговування та ремонту.

Об'єми моторного палива, що споживаються, різними видами транспорту в 2015 році наведені в таблиці 1.2 [7].

Таблиця 1.2 – Обсяги споживання моторного палива різними видами транспорту у 2017 році, ТДж

Вид транспорту	Вид моторного палива	Рівень споживання палива	Частка впливу від окремих видів палива, %
Цивільна авіація	Авіаційний гас	159 146,0	5,8
Автомобільний транспорт	Скраплений газ	18 4141,4	
	Бензин	1 538 531,1	
	Дизельне паливо	874 308,9	
	Інші моторні палива	9 692,4	
	Всього	2 440 946,8	89,6
Залізничний транспорт	Дизельное паливо	96 991,6	
	Мазут	1 610,1	
	Інші моторні палива	4,31	
	Всього	99 606,0	3,6
Водний транспорт	Дизельное паливо	19 943,4	
	Мазут	6 821,7	
	Інші моторні палива	4,3	
	Всього	26 769,4	1
Всього за категоріями		2 726 468,2	100

Якщо не зважати на трубопровідний транспорт, то частка автомобільного транспорту у сумарних викидах ПГ транспортом станом на 2015 рік – 89,6 %, цивільної авіації – 5,8 %, залізничного транспорту – 3,6 %, водного транспорту – 1 %. Тобто викиди ПГ автомобільним транспортом за обсягом більш як на порядок перевершують викиди від залізничного транспорту. Далі йдуть в порядку зменшення частки викидів повітряний транспорт, морський та річковий. У цих оцінках не враховувалися викиди ПГ

підприємствами автомобільного транспорту, цивільної авіації, морського та річкового транспорту, а також дорожнього господарства.

З наведених вище даних можна дійти невтішного висновку у тому, що дорожній (автомобільний) транспорт в нашій державі є основним і визначальним сумарний обсяг викидів ПГ видом транспорту з несприятливим трендом зміни валових викидів.

Варто зазначити, що методики інвентаризації ПГ, що використовуються при підготовці Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами ПГ, характеризується дворічним запізненням звітності (звіт поточного року відображає обсяги викидів та поглинань ПГ за рік, що передує попередньому), що не відповідає цілям та завданням кліматичної політики на сучасному етапі.

Основний недолік цього підходу полягає в тому, що він представляє агреговані оцінки викидів ПГ за видами газів та категоріями джерел, але не містить даних про викиди ПГ конкретними організаціями, що необхідно для вироблення та реалізації ефективної державної політики та заходів щодо скорочення обсягів викидів ПГ, в тому числі, для визначення цільових показників скорочення обсягів викидів ПГ у секторах економіки.

Тому необхідно проводити інвентаризацію ПГ на національному, регіональному рівнях та рівні підприємства. Причому результати інвентаризації, виконані кожному із зазначених рівнів мають бути порівнянними.

1.2. Аналітичний огляд вітчизняних, зарубіжних та міжнародних методик оцінки обсягів (інвентаризації) викидів парникових газів від пересувних джерел та об'єктів дорожнього господарства

Варто зазначити, що методологія оцінки викидів ПГ від транспорту, прийнята різних країнах, приблизно однакова. Розрахунок цих викидів може ґрунтуватися на споживанні палива чи результатах досліджень характеристик використання транспортних засобів різних видів. В іншому випадку

використовуються питомі пробігові викиди ПГ залежно від виду транспорту. Нижче наведено огляд основних методологічних підходів, що застосовуються на різних видах транспорту для оцінки викидів ПГ.

Існує досить широкий набір методик та комп'ютерних програм, які можуть використовуватися для оцінки викидів ПГ автомобільним транспортом (див. табл 1.3).

Таблиця 1.3 – Міжнародні та вітчизняні методики та комп'ютерні програми, що використовуються для оцінки викидів ПГ автомобільним транспортом

№	Назва методики	Призначення методики
1	МГЕЗК 2006 [6]	Трирівнева методика оцінки викидів ПГ від транспорту. Описано у Главі 3 «Мобільне спалювання палива» т.2 «Енергетика» та «Керівних принципів національних інвентаризацій ПГ»
2	CORINAIR (EMEP/ЕАА) [8]	Трирівнева методика інвентаризації викидів ЗВ та ПГ, у тому кількості від дорожнього транспорту. Розроблено ЄЕК ООН
3	Розрахункова інструкція (методика) щодо інвентаризації викидів забруднюючих речовин від автотранспортних засобів [9]	Призначається для інвентаризації викидів ЗВ в атмосферне повітря автотранспортними засобами під час руху вулично-дорожньою мережею найбільших міст (з населенням понад 1 млн чол.). Може використовуватись для планування розвитку транспортної інфраструктури найбільших міст. Застосовується до легкових та вантажних автомобілів, а також до автобусів, що працюють на бензині, дизельному паливі, зрідженому нафтовому газі та компримованому (стиснутому) природному газі. Розроблено ВАТ «НДІАТ»
4	COPERT IV [10]	Програма COPERT 4 (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport), розроблена для Microsoft Windows, є європейський методичний інструмент визначення кількості викидів, створених автотранспортом
5	GEF TEEMP [11]	Transportation Emissions Evaluation Model for Projects (TEEMP). Модель для оцінки зниження викидів ПГ за рахунок реалізації проектів Глобального екологічного фонду у транспортній галузі
6	ForFITS [12]	For Future Inland Transport Systems (ForFITS) розроблена Європейською економічною комісією ООН (ЄЕК ООН) і є програмним інструментом, призначеним для виконання двох основних завдань: оцінка викидів ПГ (CO ₂) від транспорту; оцінка заходів політики щодо скорочення викидів CO ₂ від транспорту
7	VISUM [13]	VISUM. Комплексна модель транспортного планування, у якій є екологічний блок, що розраховує емісію шкідливих речовин NO _x , CO, SO ₂ та HC. У моделі можуть бути здійснені додаткові розрахунки емісії інших шкідливих речовин, якщо у постачанні програмного комплексу VISUM є PTV HBEFA Data Package

Частина цих методик є комплексними та інтегрує блоки, призначені для вирішення різних завдань транспортного планування та моніторингу ситуації.

Крім того, за кордоном активно використовуються такі методики та бази даних для інвентаризації викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту, як EMME III [25], EUROSTAT [26], CEFIC [27], PDP [28], PHEM [29], TRANSCAO [30], TRANUS [31], RH [32] та ін.

Методологія оцінки викидів ПГ від автотранспорту, прийнята в різних країнах (МГЕЗК, ЄМЕП, НДІАТ, CORINAIR, MOBILE, IVE та ін.), приблизно однакова. Розрахунок викидів ПГ може ґрунтуватися на споживанні палива (спрощений підхід) або на результатах досліджень (або моделювання) характеристик транспортних потоків та використання транспортних засобів. У другому випадку використовуються питомі (пробігові) викиди забруднюючих речовин та дані про річні пробіги транспортних засобів, а також враховуються інші фактори. Розглянемо цю методологію докладніше з прикладу методики МГЕЗК [6].

У методиці МГЕІК категорія «Автомобільний транспорт» включає всі типи автотранспортних засобів, такі як: легкові автомобілі, вантажні автомобілі малої вантажопідйомності та великої вантажопідйомності, автобуси, а також мотоцикли (включаючи мопеди, скутери та мотоцикли з коляскою). Дані транспортні засоби працюють на різних видах рідкого та газоподібного палива.

Оцінки викидів від автомобільного транспорту можуть виконуватися з використанням двох незалежних наборів вихідних даних: даних про споживання палива або даних про відстань, пройдену транспортним засобом. Загалом перший підхід (за споживанням палива – всіма автотранспортними засобами або з поділом за їх класами) підходить для оцінки викидів CO₂, а другий (по пройденій відстані) підходить для оцінки викидів CH₄ та N₂O.

Якщо доступні обидва набори даних, важливо перевіряти їхню сумісність, інакше оцінки різних газів можуть бути суперечливими. Перевірку балансу палива необхідно проводити і у випадку, якщо всі розрахунки викидів

від автотранспорту проводяться за даними про річний пробіг груп автомобілів, що розглядаються.

Оцінюючи викидів CO_2 від спалювання палива дорожнім транспортом виділяють 2 рівня розрахунків. Метод рівня 1 заснований на кількості та типі спаленого палива та рекомендованих середніх коефіцієнтах викидів CO_2 . Метод рівня 2 аналогічний методу рівня 1 і розраховується з використанням регіональних значень коефіцієнтів викидів, що базуються на реальному вмісті вуглецю в паливі, що споживається в регіоні протягом року.

При оцінці викидів CH_4 і N_2O , залежно від наявності набору вихідних даних, використовуються три альтернативні підходи:

Рівень 1 – розрахунок за кількістю спаленого палива без поділу на класи автомобілів – використовує дані про спожите паливо та коефіцієнти викидів за типами моторного палива та може бути використаний, якщо неможливо оцінити споживання палива за категоріями транспортних засобів;

Рівень 2 – розрахунок кількості спаленого палива з розбиттям за класами автомобілів – використовує нормовані на одиницю спаленого палива коефіцієнти викидів, специфічні кожної категорії АТС;

Рівень 3 – розрахунок пройденої відстані з розбиттям на класи автомобілів – вимагає детальних даних для отримання базових на діяльності АТС коефіцієнтів викидів для підкатегорій транспортних засобів і може використовувати модельні розрахунки. Підкатегорії транспортних засобів ґрунтуються на видах транспортних засобів, їх віці та технології контролю викидів.

Провести оцінку кількості споживаного палива, рахуваного з питомих показників споживання палива на одиницю пробігу для різних категорій транспортних засобів без наявності достатніх даних про структуру парку за категоріями АТС, значно складніше, ніж оцінити середній річний пробіг. Тому, якщо викиди CH_4 та N_2O є ключовою категорією джерел, найбільш обґрунтованим є використання для проведення регіональної

інвентаризації викидів від дорожнього транспорту методом рівня 3 та коефіцієнтів викидів, відповідно наведених до пробігу (кг/км).

За відсутності даних необхідної деталізації для розрахунку за рівнем 2 і 3, Керівні принципи МГЕЗК допускають використання моделей викидів або транспортних моделей, що дозволяють розрахувати викиди від транспортних засобів різних екологічних класів, а також відстані, пройдені кожним видом транспортних засобів.

До недоліків зазначеного методичного підходу можна віднести необхідність мати велику кількість вихідних даних, облік за якими не ведеться або не надається повною мірою до органів статистики.

Більш детальне моделювання для оцінки викидів від дорожніх АТС при використанні методології 3 рівня доступне при застосуванні моделі COPERT [10] та Посібників ЕМЕП/ЄАОС з інвентаризації викидів [33].

Так, програма COPERT є методичний інструмент визначення кількості викидів ПГ (CO_2 , CH_4 , N_2O), забруднюючих речовин, створюваних дорожнім транспортом (CO , NO_x , VOC , PM , NH_3 , SO_2 , NMVOC та інших.), у своїй також ведеться облік витрат моторного палива. Розвиток COPERT координується Європейським агентством з охорони навколишнього середовища (ЕЕА), в рамках діяльності Європейського центру забруднення повітря та пом'якшення наслідків зміни клімату. COPERT використовується для підготовки офіційного кадастру автомобільних викидів у 28 країнах – членах ЄС.

На рисунку 1.4. наведено блок-схему оцінки викидів ПГ та інших забруднюючих речовин за програмою COPERT, а в таблиці 1.4 – алгоритми оцінки валових викидів парком АТС та необхідні для цього вихідні дані.

Недоліком методики COPERT є необхідність наявності точних даних про середньорічні пробіги за типами транспортних засобів, а також чітке уявлення про кількість транспортних засобів різних екологічних класів, нині в Російській Федерації така статистика не ведеться.

Необхідно відзначити, що методика МГЕЗК отримала розвиток та деяку трансформацію також і в інших міжнародних методиках, наприклад, методику

оцінки скорочення викидів ПГ у результаті конкретних інвестицій у транспортний сектор економіки, яка використовується при оцінці ефективності проектів Глобальним екологічним фондом та Програмою розвитку ООН [34].

Методика ГЕФ з блоком МОТВП підходить для спрощеної оцінки викидів ПГ від автотранспортного комплексу, основним недоліком зазначеної методики

є відсутність необхідності вказівки кількості ТЗ для яких проводиться розрахунок та припущення, що потік складається тільки з ТЗ, що належать до легкових автомобілів, автобусів та мотоциклів.



Рисунок 1.4 – Блок-схема оцінки викидів ПГ та інших забруднюючих речовин за програмою COPERT

В основу цих методик покладено відомий підхід (Рівні 1, 2 МГЕЗК) оцінки обсягу споживання моторного палива та інтенсивності використання АТС.

1.3. Аналіз заходів, спрямованих на зниження викидів парникових газів пересувними джерелами та об'єктами дорожнього господарства

Скорочення викидів та збільшення поглинання ПГ, а також енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності транспортної галузі є важливим елементом державної транспортної політики. Її здійснення вимагає використання цілого ряду механізмів стимулювання, які за характером на суб'єкти транспортної діяльності можна розділити на:

- адміністративно-правові;
- Економічні;
- інформаційні (морального впливу та переконання).

Адміністративно-правові механізми призначені для прямого впливу на результати діяльності як юридичних, так і фізичних осіб за допомогою законів, постанов уряду, стандартів, регламентів та інших нормативно-правових та нормативно-технічних документів з метою досягнення заданих цільових показників, норм виконання встановлених вимог. та правил, які мають дотримуватися чи досягатися цими особами.

Призначенням економічних механізмів стимулювання є використання пов'язаних із функціонуванням ринків стимулів для впливу на економічні інтереси та економічну поведінку суб'єктів господарювання у бажаному напрямку. У цьому випадку економічним агентам надається значна свобода вибору у пошуку ефективних шляхів досягнення суспільно значущих цілей.

Основною перевагою економічних механізмів, таких як паливні податки, є те, що вони забезпечують найменші суспільні витрати при досягненні заданої мети. Пов'язано це, насамперед, про те, що такі механізми менш вимогливі до інформаційного забезпечення, т.к. їх реалізація децентралізована. Зацікавлені сторони або вже володіють необхідною інформацією, або можуть зібрати її з меншими витратами, ніж державні наглядові організації.

У разі реалізації адміністративно-правових механізмів, наприклад, запровадження стандартів на паливну економічність ТЗ для стимулювання

виробництва більш економічних автомобілів, необхідно розробити тестові процедури, обґрунтувати нормовані показники, створити відповідну систему сертифікації, оснастити випробувальні центри дорогим обладнанням, постійно проводити випробування всіх моделей та модифікацій автомобілів. , забезпечувати контроль за нормованими показниками у процесі експлуатації тощо.

Введення ж паливних податків одночасно встановлює безпосередній зв'язок між споживанням палива (викидом ПГ) та економічними витратами, забезпечуючи необхідний рівень мотивації до будь-яких заходів, спрямованих на скорочення споживання палива, у тому числі і за рахунок покращення паливної економічності автомобілів. Рівень мотивації коригується величиною податків. І при цьому забезпечується велика свобода вибору кінцевих споживачів щодо стратегій скорочення своїх економічних витрат. Інша приваблива риса економічних механізмів у тому, що вони впливають усім користувачів транспорту, а чи не лише тим, хто збирається купувати новий автомобіль [37, 38, 39].

Проте економічні механізми мають і недоліки. По-перше, найменш затратні заходи можуть політично не підтримуватись. Це стосується тих самих паливних податків. Навіть тоді, коли суспільні витрати на реалізацію заходів, пов'язаних із запровадженням та посиленням екологічних стандартів і технічних регламентів вищі, ніж витрати на реалізацію податків, встановлення більш жорстких нормативів є політично часто більш прийнятним, ніж підвищення податків.

Слід мати на увазі, що недоліки стандартів та технічних регламентів у порівнянні з паливними податками стають менш очевидними, коли еластичність попиту на поїздки низька, тоді як ця найнижча еластичність збільшує протидію встановленню відповідних паливних податків. Практичним доказом існування низької еластичності попиту на паливо та попиту на поїздки є той факт, що власники автомобілів реагують на підвищення паливних податків інвестиціями у паливну економічність

автомобілів, а не скороченням поїздок. Стандарти та технічні регламенти можуть забезпечити аналогічний результат, практично не впливаючи на можливе збільшення пробігів АТС, пов'язаних із кращою економічністю палива автомобілів. Цей захід має ефект зворотної дії, т.к. додатково збільшує екстерналиї, пов'язані із транспортними заторами, ДТП, забрудненням повітря тощо. Однак цей ефект відносно малий (особливо у насичених транспортом регіонах) і може бути блокований іншими заходами прямої дії [40, 41].

По-друге, аргументи на користь економічних механізмів зазвичай не враховують адміністративні витрати. Ці витрати можуть виявитися суттєвими у разі, наприклад, торгівлі квотами.

По-третє, порівняння механізмів, що базуються на цінах (паливні податки), та механізмів, що базуються на кількості викидів (торгівля квотами чи стандарти), утруднено наявністю невизначеностей. Відносна ефективність політичних механізмів залежить від характеру кривої функції рівня граничної шкоди. Якщо це крива полого, тобто. кожна додаткова одиниця викидів зумовлює шкоду, подібну до шкоди від попередньої одиниці викидів, то невеликі відхилення фактичного рівня викидів від гранично допустимого не призведуть до істотного зростання шкоди. І тут паливні податки працюють добре. Але якщо, навпаки, величина шкоди швидко зростає зі збільшенням викидів, то дуже важливо точно підтримувати фактичний рівень викидів лише на рівні гранично допустимого, т.к. його перевищення може призвести до серйозних наслідків. У цьому випадку привабливими стають інструменти, що забезпечують безпосередній контроль за витратою палива та рівнем викидів ПГ, такі як, наприклад, торгівля квотами або стандарти на економію палива [42, 43].

На думку експертів, у разі викидів ПГ транспортними засобами форма кривої граничної шкоди майже плоска і тому податкове регулювання є кращим від адміністративно-правового. Однак у більшості випадків політичної риторики стверджується, що шкода викидів ПГ різко збільшується. Інструменти, засновані на кількості викидів, найбільше відповідають такій

ситуації, т.к. дають державі точніший контроль за рівнем сумарних викидів. Хоча ефект від прийняття нових стандартів на паливну економічність автомобілів почне значуще проявитися лише через 7-10 років, коли парк автотранспортної техніки значною мірою оновиться [44].

Очевидні проблеми застосування як адміністративно-правових, так і економічних механізмів стимулювання визначили формування ще одного різновиду механізмів, які можуть бути визначені як інформаційні механізми морального впливу та переконання. За допомогою цих механізмів включення екологічної стурбованості та відповідальності до індивідуального процесу прийняття управлінських рішень здійснюється за допомогою застосування форм інформаційного тиску чи переконання або прямо, чи опосередковано. Механізми цієї групи, як правило, використовуються спільно з адміністративно-правовими та економічними механізмами.

Інформаційні механізми морального впливу та переконання є відносно мало витратними та мають супроводжувати запровадження як економічних, так і адміністративно-правових механізмів стимулювання скорочення викидів ПГ у транспортному секторі. У тому числі:

- безпосереднє інформування населення про паливну економічність ТЗ (екологічне маркування);
- Навчання економічного водіння (екодрайвінг);
- Проведення роз'яснювальних кампаній про вигоди низьковуглецевого розвитку транспортного комплексу, використання немоторизованих видів транспорту, скорочення споживання енергії тощо.

У міру розвитку інформаційних технологій роль останніх у створенні ефективних механізмів стимулювання скорочення викидів ПГ, а також енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності транспортної галузі підвищуватиметься.

Узагальнюючи викладене, найперспективнішою є комбінація директивних, економічних та інформаційних механізмів стимулювання скорочення викидів ПГ у транспортному секторі. При цьому відносна

значущість цих механізмів у часі змінюється і залежить передусім від політично сформульованих цільових установок соціально-економічного розвитку суспільства.

Підвищення паливної економічності та екологічності автомобільного транспорту забезпечується насамперед за рахунок удосконалення конструкцій існуючих автомобілів та двигунів та розробки альтернативних типів енергоустановок АТС, для живлення яких використовуються природний газ, електроенергія, водневе паливо.

Удосконалення конструкцій існуючих автомобілів та двигунів пов'язане з розробкою нових методів очищення вихлопних газів ТЗ, створенням систем інтегрованого керування енергоспоживанням усіма агрегатами автомобілів у реальних умовах експлуатації, а також підвищенням к.п.д. силової енергетичної установки. Зростання енергоефективності досягається за рахунок зниження маси автомобілів, зменшення втрат на рух, удосконалення технологій накопичувачів енергії.

Важливим заходом є затвердження та посилення стандартів на паливну економічність та викиди CO_2 ТЗ до перспективного рівня європейських країн – 95 г/км (до 2035 року). Відсутність нормативних вимог до пробігових (на 1 км пробігу) викидів CO_2 нових автомобілів, що поставляються на внутрішній ринок, призводить до того, що рівень викидів ПГ вітчизняних автомобілів у 1,5 – 2 рази перевищує норми викидів CO_2 , прийняті у Європейському Союзі.

Активізуються роботи з підвищення потужності двигунів, що працюють на альтернативних видах палива - природному газі та біопаливі, у тому числі біометанолі та біоетанолі. Набувають поширення гібридні технології, зростає виробництво електромобілів класів М1 та N1.

В результаті вироблення та введення в дію зазначених вище механізмів та заходів державного регулювання, що забезпечують мотивацію переведення ТЗ на екологічно чисті види палива, очікується, що частка парку МС з гібридними, електричними двигунами та двигунами на альтернативних видах палива у загальній чисельності парку АТС у 2020 році в Україні становив на

рівні 26 – 29 %, а в 2030 р. очікується на рівні 49 - 54% за інноваційним (цільовим) сценарієм розвитку транспорту.

Згідно з проектом євроінтеграції України, на період до 2035 року [45] у прогнози закладено зростання споживання газомоторного палива на транспорті в 3 - 4 рази до 2020 р. та в 7 - 8 разів до 2030 р. порівняно з 2015 роком. Передбачається збільшення частки електромобілів в автопарку до 4 – 5 % до 2030 року за інноваційним (цільовим) сценарієм розвитку транспорту [46].

Висновки до розділу

Аналітичний огляд, проведений нами, дозволив сформулювати такі висновки:

1. В даний час транспортний комплекс України є великим джерелом, що формує викиди ПГ, однак, провести достовірну оцінку обсягів викидів ПГ не є можливим через відсутність затверджених методик і механізмів отримання статистичних вихідних даних, що у свою чергу не дозволяє проводити ефективну політику, спрямовану на зниження викидів ПГ транспортним сектором.

2. В основі методичних підходів до інвентаризації викидів ПГ усіх видів транспорту в міжнародних, зарубіжних та вітчизняних методиках покладені вимоги керівних принципів та вказівок Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) рівнів 1, 2 та 3, що відрізняються ступенем деталізації вихідних даних, а також рекомендації Всесвітньої метеорологічної організації та Програми ООН з навколишнього середовища. У цьому викиди CH_4 та N_2O складніше оцінити (методики рівнів 2 чи 3), ніж викиди CO_2 (методика рівня 1 виходячи з даних із споживання моторного палива), т.к. коефіцієнти викидів залежать від технології, що використовується транспортним засобом, виду палива та експлуатаційних характеристик транспортного засобу. При цьому міжнародні та вітчизняні методики інвентаризації викидів ПГ фактично не враховують специфіку джерел викидів для різних видів транспорту. Вони не

розглядають як джерела викидів ПГ підприємства автомобільного транспорту та дорожнього господарства.

3. В існуючих формах статистичної звітності відсутня деталізація даних, необхідні достовірної оцінки обсягів викидів ПГ автомобільним видам транспорту і об'єктами дорожнього господарства.

4. Аналітичний огляд зарубіжних і міжнародних механізмів регулювання викидів ПГ та заходів, що вживаються зарубіжними країнами, спрямованих на перехід до сталого низьковуглецевого розвитку транспортної галузі, показав, що проблема підвищення енергоефективності транспортної галузі актуальна для всіх країн світу, т.к. зі зростанням транспортної мобільності, і, як правило, зростанням енергоспоживання та викидів ПГ транспортом. цьому кожна країна керується власними національними інтересами та розвиває внутрішні механізми коригування напряму економічного розвитку.

РОЗДІЛ 2

ВПЛИВ АВТОТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ НА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ТА ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

2.1. Фізико-географічна характеристика Кіровоградської області

Кіровоградська область — адміністративний регіон у центральній частині України, що має площу 24,6 тис. км² і межує з Полтавською, Черкаською, Вінницькою, Миколаївською, Одеською та Дніпропетровською областями. Завдяки своєму географічному положенню область є важливою складовою Лісостепової зони України, маючи унікальні природні умови.

Кіровоградська область розташована в центрі України, що визначає її кліматичні й ландшафтні особливості. Територія охоплює частини Придніпровської височини та Причорноморської низовини.

Рельєф області переважно рівнинний, злегка хвилястий, з абсолютними висотами від 50 до 269 метрів над рівнем моря. Придніпровська височина на півночі та заході області формує горбистий характер місцевості, із численними долинами, ярами та балками, що є результатом ерозійних процесів. Найвища точка області знаходиться в районі Добровеличківки, що символічно вважається географічним центром України.

Територія області лежить на Українському кристалічному щиті, в основі якого залягають архейські та протерозойські породи: граніти, гнейси, кварцити. Ці породи виходять на поверхню у вигляді скель, що є характерною особливістю регіону.

Кіровоградська область багата на корисні копалини. Вона має значні запаси уранових руд, бурого вугілля, граніту, піску, глини. Уранові родовища є стратегічно важливими для України, адже забезпечують ресурс для атомної енергетики.

Клімат області — помірно континентальний. Зима зазвичай помірно холодна, зі середньою температурою січня близько -5°C , а літо тепле й посушливе, із середньою температурою липня $+20\text{--}22^{\circ}\text{C}$.

Річна кількість опадів становить 450–500 мм, причому більша частина випадає у теплу пору року у вигляді дощів. Посушливі періоди, характерні для літа, зумовлюють ризики для сільського господарства. Часті суховії і грози також є кліматичними викликами для регіону.

Гідрографічна мережа області включає численні річки, озера і водосховища. Основними річками є Південний Буг, Інгул, Велика Вись, Сугоклія та Синюха. Всі вони належать до басейнів Дніпра та Південного Бугу.

Річки області зазвичай мають рівнинний характер течії, що забезпечує їхню придатність для сільського господарства, зрошення та водопостачання. Проте водні ресурси перебувають під загрозою забруднення внаслідок антропогенної діяльності.

Основними типами ґрунтів області є чорноземи звичайні та опідзолені, що мають високу родючість. У балках і заплавах річок зустрічаються лучно-чорноземні ґрунти, які також придатні для вирощування сільськогосподарських культур. Водночас тривалий антропогенний вплив призводить до деградації ґрунтів, їхньої ерозії та зменшення родючості.

Кіровоградщина належить до Лісостепової зони, що визначає її рослинний і тваринний світ. Природна рослинність представлена степовими травами, такими як ковила, типчак, тонконіг, а також лісовими масивами, які складаються з дуба, ясена, клена, липи.

Тваринний світ включає типових для степу і лісостепу представників: зайця-русака, лисиці, їжака, а також численні види птахів, таких як жайворонок, чапля, синиця. Через антропогенний вплив чисельність деяких видів зменшується, а біорізноманіття деградує.

Сільське господарство, видобуток корисних копалин, урбанізація та розвиток транспортної інфраструктури суттєво вплинули на природні

ландшафти області. Внаслідок цих процесів відбувається фрагментація екосистем, забруднення водних об'єктів, ґрунтів та повітря. Зниження лісистості (близько 8%) є одним із факторів, що впливають на кліматичну стабільність і захист від ерозії.

Кіровоградська область має унікальні фізико-географічні умови, що поєднують природне багатство чорноземів, багатство надр і різноманіття рослинного та тваринного світу. Водночас значний антропогенний вплив, включаючи сільське господарство, промисловість і транспортну інфраструктуру, зумовлює деградацію природних ресурсів. Для сталого розвитку регіону необхідно впроваджувати природоохоронні заходи, спрямовані на збереження ґрунтів, водних ресурсів та біорізноманіття

2.2. Вплив автотранспорту на фізико-географічні умови Кіровоградської області

Кіровоградська область, розташована в центрі України, має густу автотранспортну мережу, яка забезпечує економічні зв'язки, логістику та мобільність населення. Проте інтенсивна експлуатація цієї інфраструктури створює значний вплив на фізико-географічні умови регіону та сприяє викидам парникових газів, що погіршує екологічну ситуацію.

Рельєф і земельні ресурси

Будівництво автомобільних доріг у Кіровоградській області часто супроводжується змінами рельєфу. У районах із горбистою місцевістю проводяться масштабні земляні роботи, що порушують природний ландшафт і призводять до ерозії ґрунтів. Балки, долини та водозбори змінюються через вирівнювання територій, створення насипів і виїмок.

Дорожні мережі займають значні площі сільськогосподарських угідь, що зменшує продуктивні землі. Також під час будівництва доріг знімається верхній шар ґрунту, який є найбільш родючим. Якщо відновлення цього шару не проводиться, земля стає менш придатною для використання.

Забруднення ґрунтів

Автотранспорт є джерелом забруднення ґрунтів важкими металами (свинцем, кадмієм, цинком), продуктами нафтопереробки та технічними рідинами. Забруднюючі речовини потрапляють на прилеглі до доріг землі через викиди, зливи та дорожній пил.

Ґрунти, забруднені токсичними речовинами, стають непридатними для вирощування сільськогосподарських культур, знижується їхня родючість, а токсини можуть проникати у харчовий ланцюг, впливаючи на здоров'я людей і тварин.

Гідрологія та водні ресурси

Будівництво та експлуатація доріг впливають на водний баланс регіону. Прокладання транспортних артерій порушує природний стік води, змінює гідрологічний режим річок і струмків. Водні об'єкти поблизу доріг забруднюються продуктами зношування автомобільних шин, маслами, паливом і хімічними реагентами, які використовуються для обробки дорожнього покриття в зимовий період.

Річки Інгул, Велика Вись та інші водні артерії Кіровоградської області зазнають підвищеного антропогенного навантаження через транспортну інфраструктуру. Це знижує якість води, впливає на водну флору і фауну, а також ускладнює водопостачання для потреб населення.

Кліматичні та мікрокліматичні зміни

Автомобільні дороги з твердим покриттям створюють так званий "ефект теплового острова", коли температура в зоні дороги є вищою, ніж у прилеглих природних територіях. Це впливає на локальний мікроклімат, особливо в районах із низькою лісистістю, якими характеризується Кіровоградська область.

Дорожня інфраструктура також збільшує запиленість і підвищує рівень шумового забруднення, що впливає на флору, фауну і якість життя місцевого населення.

Зниження біорізноманіття

Фрагментація природних ландшафтів через розбудову транспортної мережі є значним викликом для екосистеми регіону. Дороги розділяють ареали проживання багатьох видів рослин і тварин, що ускладнює їхнє природне переселення та розмноження.

Постійний шум від транспорту та забруднення повітря знижують чисельність чутливих до таких факторів видів, таких як птахи й комахи-запилювачі. Забруднення водою впливає на водні екосистеми, знижуючи різноманіття риб і амфібій.

Вплив автотранспорту на викиди парникових газів

Джерела викидів парникових газів. Автомобілі в Кіровоградській області є джерелом значних обсягів викидів парникових газів, зокрема:

- Діоксиду вуглецю (CO_2): основний газ, що утворюється під час спалювання палива.
- Метану (CH_4): виділяється із систем кондиціонування старих автомобілів.
- Оксиду азоту (N_2O): утворюється під час роботи двигунів внутрішнього згорання.

Щільність автомобільного руху зростає у великих населених пунктах, таких як Кропивницький, Олександрія, а також на транзитних дорогах державного значення, що проходять через область. Це сприяє значному обсягу викидів парникових газів у повітря.

Наслідки для клімату

Автотранспорт є важливим фактором кліматичних змін у регіоні. Викиди CO_2 посилюють глобальне потепління, що вже впливає на кліматичні умови області. Підвищення середньорічної температури й посухи стають більш вираженими, що створює ризики для сільського господарства, яке є основною галуззю економіки регіону.

Можливі шляхи зменшення викидів

Для зменшення викидів парникових газів в атмосферу від автотранспорту в Кіровоградській області можна впроваджувати такі заходи:

1. Перехід на електромобілі: стимулювання використання екологічного транспорту.
2. Оптимізація дорожнього руху: створення кільцевих доріг і уникнення заторів.
3. Розвиток громадського транспорту: впровадження більш екологічних варіантів, таких як електробуси.
4. Озеленення вздовж доріг: посадка зелених насаджень для поглинання CO₂.

Висновки до розділу

Фізико-географічні умови Кіровоградської області, зокрема її рельєф, клімат, ґрунти та гідрологічна мережа, суттєво змінюються під впливом автотранспортної інфраструктури. Хоча розвиток транспортної мережі сприяє економічному піднесенню, антропогенний вплив створює низку екологічних проблем, включаючи ерозію ґрунтів, забруднення вод і зменшення біорізноманіття. Для мінімізації цих наслідків необхідно впроваджувати комплексні екологічні заходи, зокрема зелені коридори вздовж доріг, системи очищення стоків та моніторинг забруднення.

Автотранспортна мережа Кіровоградської області суттєво впливає на фізико-географічні умови, спричиняючи деградацію ґрунтів, забруднення водних ресурсів і зниження біорізноманіття. Водночас автотранспорт є значним джерелом викидів парникових газів, які посилюють глобальні кліматичні зміни.

Для зменшення негативного впливу необхідно впроваджувати екологічні ініціативи, спрямовані на підвищення ефективності транспортної системи, розвиток альтернативних видів палива та відновлення природних екосистем, що допоможе досягти балансу між економічним розвитком і збереженням природного середовища.

РОЗДІЛ 3

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ КІРОВОГРАДСЬ-КОЇ ОБЛАСТІ

Зростання обсягів транспорту є однією з ключових причин посилення кліматичних змін, адже транспортна галузь спричиняє значну частку викидів парникових газів (ПГ), серед яких домінує діоксид вуглецю (CO₂). У Кіровоградській області, розташованій у центральній частині України, транспортна система відіграє важливу роль у забезпеченні економічних і соціальних зв'язків. Проте, інтенсивне використання автомобільного транспорту, розбудова дорожньої інфраструктури та підвищення транзитного навантаження спричиняють істотний вплив на екологічний стан регіону.

Оцінка викидів ПГ, зумовлених функціонуванням транспортної системи області, є важливим інструментом для аналізу її впливу на навколишнє середовище та розробки заходів з пом'якшення кліматичних змін. Теоретичне обґрунтування методів оцінки цих викидів є актуальним завданням, яке включає вивчення чинників, що впливають на формування ПГ, а також пошук ефективних підходів до їх вимірювання та прогнозування.

Метою дослідження є розробка науково обґрунтованих підходів до оцінки викидів парникових газів транспортною системою Кіровоградської області, що сприятиме зниженню їх негативного впливу на клімат та екологічну безпеку регіону.

3.1. Методи оцінки викидів парникових газів від пересувних джерел викидів та об'єктів дорожнього господарства

Найважливішим завданням щодо розрахункової оцінки освіти ПГ транспортної системи регіону є теоретичне обґрунтування методики оцінки викидів ПГ. Як основні розрахункові формули необхідно використовувати зазначений раніше трирівневий підхід оцінки викидів парникових газів (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Формули для оцінки викидів ПГ пересувними джерелами регіону щодо різних рівнів деталізації вихідних даних, т/год

Джерела викидів	Розрахункова формула	Позначення
Пересувні об'єкти (парк ТЗ) рівні 1,2	$ECO_2 = \sum_a (AD_a \times EF_a) / 10^3 \quad (3.1)$	Е – викиди CO ₂ , CH ₄ або N ₂ O; а – вид транспорту (автомобільний); AD _a – обсяг транспортної роботи при виконанні вантажних або пасажирських перевезень, млн. т-км або пас.-км/рік/ дані про споживання палива або іншого енергоресурсу типу а, ТДж/рік; EF _a – коефіцієнт викидів CO ₂ під час виконання вантажних чи пасажирських перевезень, кг/ткм або пас.км/ коефіцієнт викидів CO ₂ для палива чи іншого енергоресурсу типу а, кг/ТДж
Пересувні об'єкти (парк ТЗ) Рівень 3	$E = \frac{(\sum_{a,b,c,d} (AD_{a,b,c,d} \times EF_{a,b,c,d}) + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d})}{10^6} \quad (3.2)$	Е – викиди CO ₂ , CH ₄ чи N ₂ O; а – вид палива (дизпаливо, бензин, природний газ, скраплений нафтовий газ, електроенергія); b – тип МС; з – Екологічний клас; d – умови експлуатації (міські чи сільські дороги); AD _{a,b,c,d} – річний пробіг дорогою типу d ТС класу b, що працюють на паливі виду а має екологічний клас c, км; EF _{a,b,c,d} – коефіцієнт викидів CO ₂ , CH ₄ або N ₂ O для ТЗ класу b, що працює на паливі виду а і має екологічний клас з на дорозі типу d, г/км; C _{a,b,c,d} – викиди при пуску та прогріві двигунів (холодний пуск), г/рік.

Розрахунок викидів ПГ проводиться за формулами з різним ступенем деталізації даних (Рівні 1-3). При проведенні розрахунків викидів ПГ, що формуються, за першим рівнем необхідні дані про спожиту масу палива за видами палив без розбиття на види ТЗ, а також дані про переказні коефіцієнти викидів ПГ. У разі проведення розрахунків за другим Рівнем необхідні дані не лише про кількість спожитого палива та спеціальних нормованих на одиницю маси спаленого палива переказних коефіцієнтів, а й дані про вік (екологічний клас) за типами ТЗ. Третій Рівень передбачає використання таких даних як

річні пробіги ТЗ з розподілом на екологічні класи, також, даний рівень вимагає найвищого ступеня деталізації даних, наприклад, таких як умови експлуатації ТЗ, екологічний клас, природно-кліматичні фактори, відсоток вмісту вуглецю в паливі залежно від виду палива та його відповідності якості тощо.

Враховуючи менший внесок в емісію ПГ від дорожнього будівництва та утримання доріг, інструментарій інвентаризації викидів ПГ лише почав розроблятися. Основні етапи дорожнього будівництва, у яких відбувається викид ПГ: підготовка території перед будівництвом; виробництво будівельних матеріалів (для конструктивних шарів дорожнього одягу та покриття); облаштування дороги; доставка будівельних матеріалів; будівельні роботи; контроль за станом дороги та ремонтні роботи.

Викиди ПГ для кожного етапу можуть бути розраховані в залежності від наявного обладнання, місцевих умов та стандартів будівництва та утримання. Види та обсяг споживаних дорожнім господарством ПЕР визначаються номенклатурою робіт з утримання, ремонту та будівництва автомобільних доріг, складом парку машин та механізмів, що використовуються у виробничому процесі.

Для отримання теплової енергії використовують такі види палива: вугілля (для опалення), мазут (у сушильних барабанах асфальтобетонних заводів та частково для опалення), газ (у сушильних барабанах АБЗ, для опалення), бензин та дизельне паливо (у двигунах внутрішнього згорання автомобілів та дорожніх машин та механізмів), пічне паливо (для опалення).

Електроенергія використовується для освітлення автомобільних доріг, виробничих приміщень, для роботи електроінструменту в майстернях, для роботи різного призначення електромоторів (у майстернях, на АБЗ тощо), для одержання теплової енергії (у бітумосховищах для нагрівання бітуму).

В основі кількісної оцінки викидів ПГ дорожнім господарством також використовується трирівневий методичний підхід, який рекомендується Керівними принципами МГЕЗК [6].

Оцінка викидів ПГ дорожнім господарством за спрощеною методикою рівня 1 ґрунтуватися на даних про споживання різних видів паливно-енергетичних ресурсів при здійсненні будівництва (реконструкції), утримання, ремонту, капітального ремонту федеральних, регіональних, місцевих автомобільних доріг різних технічних категорій, усереднених рекомендованих МГЕЗК ПГ (CO_2 , N_2O , CH_4) від спалювання різних видів палив, отримання теплової та електричної енергії. Розрахунок викидів ПГ дорожнім господарством за методикою рівня 1 проводиться за формулою:

$$E_i = \sum_{ak} (FC_{ak} + EF_{aTCE} + EF_{aNCV} + EF_{ia}) / 10^3, \text{ т/рік} \quad (3.3)$$

де E_i - емісія парникового газу i , т / рік;

FC_{ak} – загальна маса витраченого енергоресурсу виду a на автомобільних дорогах k -ої технічної категорії, т/рік;

EF_{aTCE} – коефіцієнт перерахунку тонни умовного палива за видом енергоресурсу a , т.у.п/т;

EF_{aNCV} – коефіцієнт переведення в енергетичні одиниці за видом енергоресурсу a , ТДж/т.у.т;

EF_{ia} – коефіцієнт викидів парникового газу i на вигляд енергоресурсу a , т/ТДж [6].

Метод рівня 2 аналогічний методу рівня 1, але тільки для розрахунку застосовуються регіональні значення коефіцієнтів викидів ПГ, що базуються на реальному вмісті вуглецю в паливі, інших енергоресурсах, що споживаються в регіоні протягом року, а також використовуються дані про протяжність федеральних, регіональних, місцевих автомобільних доріг різних категорій, побудованих, відремонтованих, що знаходяться в експлуатації протягом року в регіоні та питомі витрати енергоресурсів (на одиницю протяжності) при будівництві (реконструкції), утриманні, ремонті (капітальному ремонті) доріг.

Розрахунок викидів ПГ дорожнім господарством за методикою рівня 2 здійснюється за формулою:

$$EF_i = EF_{CO_2} + GWP_{CH_4} \times EF_{CH_4} + GWP_{N_2O} \times EF_{N_2O} \quad (3.4)$$

Де GWP — потенціал глобального потепління кожного газу (наприклад, для CH₄ — 28, для N₂O — 265 згідно з останніми оцінками IPCC).

EF_{CH₄}, EF_{N₂O} — коефіцієнти викидів метану та оксиду азоту

Метод рівня 3 (за наявності вихідних даних) при оцінці енерговитрат і викидів ПГ використовує детальне моделювання та передбачає облік характеристик використовуваної при будівництві (реконструкції), ремонті (капітальному ремонті) та утриманні автомобільних доріг різних технічних категорій, усереднених рекомендованих МГЕІК коефіцієнтів емісії ПГ (CO₂, N₂O, CH₄) від спалювання різних видів палив, отримання теплової та електричної енергії, будівельно-дорожньої та транспортної техніки, використовуваних технологій та матеріалів у життєвому циклі доріг різних технічних категорій, природно-кліматичних та інших факторів.

У таблиці 2.2 наведено усереднені значення питомих викидів CO₂, рекомендовані до виконання більш детальних розрахункових оцінок викидів ПГ дорожнім господарством. Таблиця 3.2 – Показники питомих викидів CO₂ на дорогах різних категорій на різних етапах їхньої ЖЦ, т CO₂/км протяжності

Вид доріг	Цільове призначення	Технічна категорія дороги				
		I	II	III	IV	V
Загально державного значення	Утримання	43,73	25,00	16,22	14,09	11,65
	Ремонт	533,28	271,70	195,84	190,16	52,05
	Капітальний ремонт	1556,92	713,82	544,34	526,10	175,33
	Будівництво	2958,14	1356,26	1034,25	999,6	333,13
Регіонального значення	Утримання	10,93	6,25	4,06	3,52	2,91
	Ремонт	133,32	67,93	48,96	47,54	13,01
	Капітальний ремонт	389,23	178,46	136,09	131,53	43,83
	Будівництво	739,54	339,07	258,56	249,9	83,28
Місцевого значення з твердим покриттям	Утримання	2,19	1,25	0,81	0,71	0,58
	Ремонт	26,66	13,59	9,79	9,51	2,60
	Капітальний ремонт	77,85	35,69	27,22	26,31	8,77
	Будівництво	147,91	67,81	51,71	49,98	16,66

Вони отримані в результаті узагальнення відомостей, одержаних від територіальних органів управління дорожнім господарством та автомобільних

доріг загальнодержавного користування за підсумками 2021 року, а також даних експертів. Наведені у таблиці 3.2 питомі значення викидів CO₂ на етапі вмісту рекомендується використовуватиме оцінки викидів ПГ у методиці рівня 2 (див. формулу 3.4).

Наведені в таблиці 3.3 показники питомих викидів CO₂ на дорогах різних категорій на різних етапах враховують специфіку підприємств дорожнього господарства, пов'язану з технологіями приготування асфальтоцементобетонних сумішей, виконання дорожньо-будівельних робіт, виконання робіт з будівництва, реконструкції, капітального ремонту, ремонту та утримання доріг різних категорій.

Таблиця 3.3 – Питомі викиди ПГ під час будівництва ділянок доріг різних типів та призначень

Тип елемента	т CO ₂ /км
Гравійна дорога	5,8
Велодоріжка	20
Цементобетонная (низький клас)	46,6
Заміська (місцевого значення) дорога	48,4
Цементобетонная (високий клас)	103
Залізниця	875
Міські дороги	1000–2200
Автобани	760–2500
Односмугові шосе	1200
Чотирьохсмугові шосе	1390
Спорудження високого насипу з великою кількістю дренажних споруд	4870

Для об'єктів дорожнього господарства, верифікація отриманих результатів необхідна через те, що розрахунок необхідно проводити для одного об'єкта за кількома типами ТЗ з різними видами палива, що споживається, і в залежності від технологічного етапу.

Зазначену проблему проведення верифікації отриманих значень доцільно вирішувати, використовуючи методи машинного навчання, оскільки зазначений підхід дозволяє оцінити ефективність та точність отриманих результатів за допомогою алгоритмів інтелектуального аналізу даних, які будуть розглянуті далі.

3.2. Методи інтелектуального аналізу даних при оцінці викидів парникових газів від пересувних джерел та об'єктів дорожнього господарства

Для оцінки достовірності результатів доцільно застосовувати метод машинного навчання використовує алгоритми WEKA [64]. Дане програмне забезпечення знайшло широке застосування в галузі інтелектуального аналізу даних, використовуючи алгоритми для передиктивного моделювання та аналізу даних з використанням методів кластеризації, класифікації, вибору методу навчання та візуалізації отриманих результатів [65].

Необхідно відзначити, що основною метою машинного навчання є оцінка даних, що використовуються при розрахунках, підтвердження їх правдоподібності та проведення прогностної оцінки на підставі залежностей встановлених у процесі виконаного розрахунку. Машинне навчання залежить від наступних показників:

1) Дані – основний та головний показник, що використовується у машинному навчанні. Повнота даних визначає якість отриманих результатів і впливає прогностну оцінку, тому, збір та аналіз даних є найбільш значущим етапом під час проведення інтелектуального аналізу даних.

2) Ознаки – для того, щоб проводити інтелектуальний аналіз даних для кожного використовуваного показника необхідний ознаковий опис, мета такого опису полягає в тому, що присвоєння ознак дозволяє проводити оцінку достовірності даних, що використовуються, або зіставляти присвоєне ознаки з даними які, не мають ознакового опису і тим самим шукати дані, які впливають на підсумковий результат.

3) Алгоритм – кожне завдання, у якій застосовуються методи інтелектуального аналізу даних, вимагає вибору відповідного алгоритму. Вибір алгоритму дозволяє вирішити поставлене завдання різними методами інтелектуального аналізу даних і тим самим визначити, який алгоритм є найбільш підходящим.

Інтелектуальний аналіз даних є досить великий розділ, який складається з різних алгоритмів та методів. Найбільш наочно приклад схеми функціонування машинного навчання представлений рисунку 3.1.

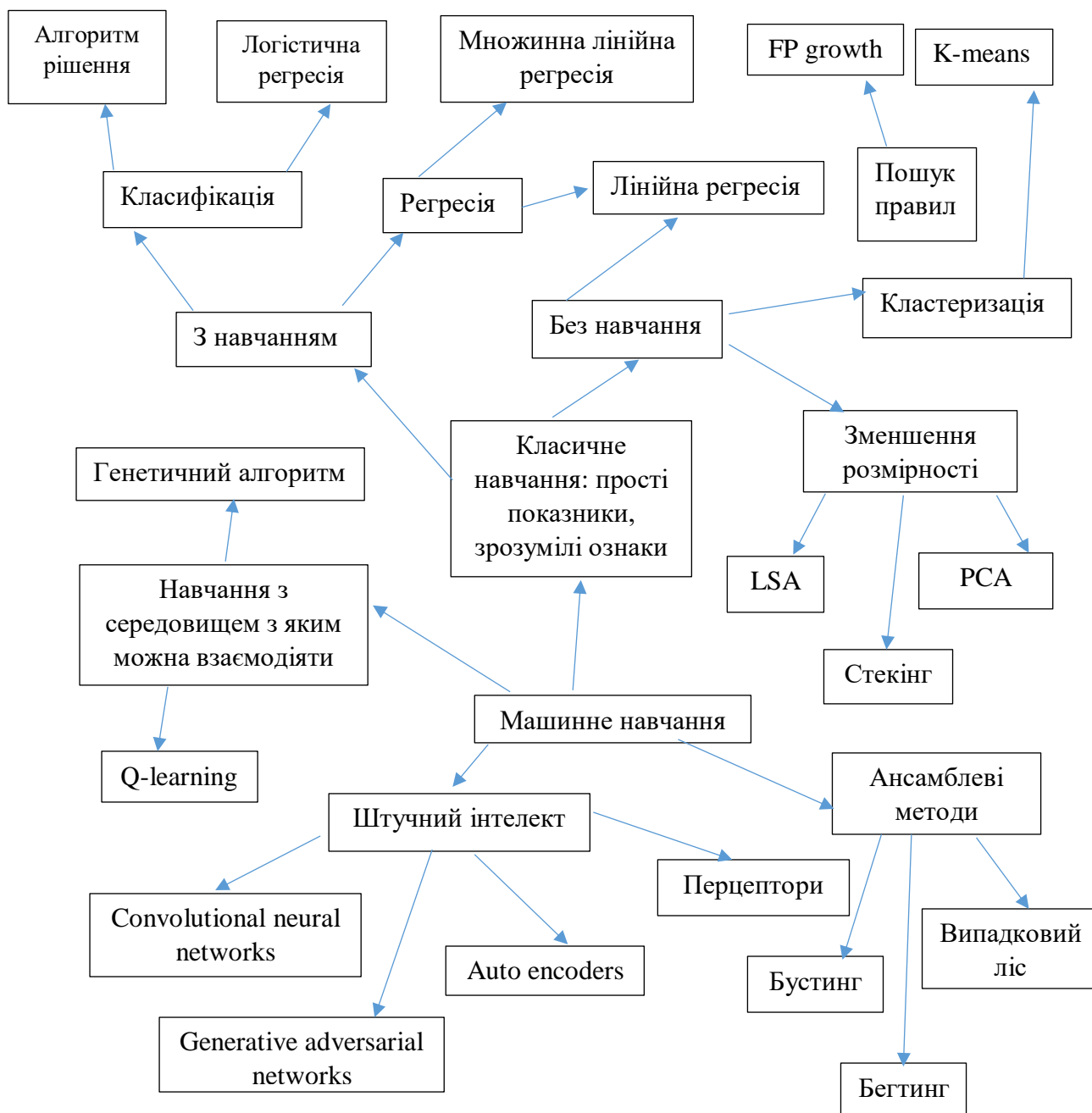


Рис. 3.1 – Схема машинного навчання

З наведеного рисунку видно, що машинне навчання поділено на два великі класи класичне та нейромережеве навчання. При вирішенні практичних завдань найчастіше вдаються до використання класичних методів, при цьому найефективніший спосіб навчання є навчання з учителем, так як користувач

вчить машину співвідносити ознаки з об'єктами, таким чином, машина швидше навчається і підвищується точність результатів, що отримуються. Метод без вчителя та нейромережевий аналіз застосовуються для завдань, у яких ознаковий опис або недостатній, або є складним набором даних.

У нашому випадку, основне завдання зводиться до створення якісної бази даних та опису ознак властивих кожному показнику, що входить до бази. Набір даних за своєю суттю еквівалентний математичній матриці, до якої вносяться основні вихідні дані. Слід зазначити, що набір даних є набір номінальних, числових, бінарних, письмових та інших даних, причому кожен набір даних повинен ставитися до певного класу, тобто. перше завдання машинного навчання із учителем зводиться до класифікації – тобто. передбачення категорії, до якої належатиме об'єкт. При цьому завдання користувача зводиться до заповнення, кластеризації та класифікації бази даних з подальшим визначенням необхідного алгоритму машинного навчання, наочніше приклад використання алгоритму інтелектуального аналізу даних для оцінки викидів ПГ.

Варто зазначити, що важливим елементом створення бази даних для машинного навчання визначення показників тобто. тих ключових параметрів, від яких залежатиме навчання. Саме від показників залежить встановлення залежностей та зв'язків, які дозволять зробити висновок про правильність зроблених розрахунків.

3.3. Підготовка даних для аналізу

Методики, виходячи з яких розраховуються обсяги викидів парникових газів окремими видами транспорту (методики рівнів 1, 2, 3), гармонізовані з міжнародною методикою МГЕЗК. Галузеві методики передбачають використання офіційних статистичних (за їх відсутності розрахункових) даних за кількістю палива, що спалюється, національних (регіональних) коефіцієнтів викидів ПГ, що встановлюються залежно від виду моторного палива з поділом на типи та екологічні класи транспортних засобів з урахуванням марочного

складу транспортних засобів, їх річних пробігів та інших показників (див. таблицю 3.1).

Достовірність вихідних даних за зазначеними показниками для автомобільного транспорту складно забезпечити через відсутність нормативів питомих витрат палива (на одиницю пробігу, транспортної роботи) конкретними марками транспортних засобів в Україні, а також через недосконалість системи статистичного обліку показників транспортної роботи та пробігу транспортних коштів.

В офіційній статистиці не відображається паливоспоживання парку автомобілів, що належать фізичним особам. Лише юридичні особи мають представляти статистичну звітність. Однак більшість парку транспортних засобів належить саме фізичним особам, які не надають статистичну звітність про свою діяльність, у тому числі за обсягами споживання палива.

Зазначені обставини значно ускладнюють достовірну оцінку валових викидів ПГ окремими видами транспорту як на регіональному, а й у федеральному рівнях. У зв'язку з цим особливу актуальність має проблема верифікації та незалежного аудиту вихідних даних.

Важливо, що з вирішення завдання складання бази даних вихідної інформації необхідно визначити показники, тобто. ті дані, якими програма оцінюватиме достовірність отриманих результатів шляхом збільшення показників під час реалізації циклів машинного навчання.

Для методів машинного навчання зазначеної кількості показників буде достатньо, щоб запустити 11 циклів перехресної перевірки та підвищити точність проведених розрахунків, однак використання як вихідних даних показників представлених тільки у формулах таблиці 3.1 дозволить підвищити точність одержуваних результатів, але не дозволить провести верифікацію, оскільки в даному випадку програма здійснює машинне навчання обмежена у своєму алгоритмі лише зазначеними показниками, тобто. для того щоб програма навчилася не тільки підвищувати точність отриманих результатів але і встановлювати залежності, які дозволяли б зробити висновок про

правильність отриманих результатів, програма повинна володіти додатковим набором показників щоб в процесі навчання встановити як збільшення або зменшення даних показників впливає на підсумковий результат. Саме тому, на підставі інформації про прогнози розвитку транспортного сектора наведених вище, нами були сформовані додаткові показники, необхідні для проведення верифікації. Відповідно, програма шляхом збільшення показників навчається встановлювати зв'язки залежності одних показників від інших. Наприклад, відомо, що обсяг споживання палива ТЗ веде до збільшення середньорічного пробігу, для підтвердження цього висновку, можна додати показник, що встановлює залежність, що збільшення продажів автомобілів веде до збільшення споживання палива, тоді програма вчиться встановлювати зв'язки та виявляти як зміна показників веде до зміни результатів, цим програма знаходить загальну точку збіжності під час використання тієї чи іншої кількості показників і показує, що вказане розрахункове значення викидів ПГ може вважатися правильним, оскільки проведена верифікація це підтвердила. Більш детальний опис додаткових показників наведено нижче.

Ціна (за літр бензину) – даний показник дозволяє встановити, як ціноутворення ринку нафтопродуктів впливає на споживання палива і відповідно кількість викидів ПГ, що утворюються. В даному випадку програма вчиться шукати зв'язок того, як зростання або падіння цін на паливо веде до зміни таких параметрів, як середньорічний пробіг та споживання палива. Зручністю цього показника є також те, що дані щодо ціни за літр палива можна легко знайти у вільному доступі в офіційних статистичних звітах державних органів статистики та паливних компаній.

Швидкість пересування – цей показник дозволяє встановити залежність того, як швидкість руху впливає на режим роботи двигуна і відповідно встановити зв'язок чи веде збільшення або зменшення швидкості руху ТС до збільшення або зменшення викидів ПГ.

Кількість ТЗ - даний показник дозволять оцінити наскільки кількість ТЗ впливає на викиди ПГ, припустимо, нам відомо точну кількість ТЗ в місті

дослідження, що розглядається, в такому випадку провівши оцінку викидів ПГ за трьома рівнями, програма зможе, змінюючи кількість ТЗ встановити зв'язок того, як дана кількість впливає такі параметри як пробіг, утворення викидів, споживання палива тощо.

Населення – цей показник дозволяє оцінити наскільки населення у аналізованому регіоні впливає кількість використовуваних ТЗ, по суті, даний параметр характеризує автомобілізацію населення і те, як дана автомобілізація впливає обсяг викидів. В даному випадку програма навчається встановлювати зв'язки, як кількість населення впливає на кількість транспортних засобів та інші показники.

Внутрішній валовий продукт є важливим показником, що характеризує загальний економічний розвиток країни або регіону, цей показник також дозволяє встановлювати зв'язки наскільки збільшення або зменшення ВВП веде до утворення викидів ПГ.

Наявність платного паркінгу та його вартість – цей показник набув своєї актуальності після активного впровадження на території великих міст зон з платним паркінгом, цей показник носить локальний характер і дозволяє оцінити наскільки ефективна політика щодо встановлення таких зон не тільки щодо завантаженості міста, але й з погляду екологічного ефекту. У нашому випадку даний показник також дозволяє встановлювати залежність як впливає ціна і наявність зон на кількість ТЗ, на умови експлуатації ТЗ і т.д.

Наявність екологічних зон – цей показник також носить більше локальний характер, оскільки зараз активно обговорюється питання запровадження екологічних зон у містах, у яких буде заборонено в'їзд ТЗ низького екологічного класу, то цей показник дозволить оцінити ефективність такої політики, оскільки він дозволить програмі навчитися шукати зв'язок як наявність даних зон впливає на кількість викидів ПГ і наскільки ефективний цей захід.

Висновки до розділу:

Розроблено та теоретично обґрунтовано методику визначення викидів ПГ від автомобільного транспорту та об'єктів дорожнього господарства. У методиці описані основні використовувані формули, необхідні для розрахунків викидів ПГ (див. табл. 3.1 та формулу 3.3). Також описано методи машинного навчання, за допомогою яких необхідно проводити верифікацію отриманих результатів.

Першим етапом після проведення розрахунків викидів ПГ для подальшої верифікації необхідно визначити основні показники, за якими програма проводитиме оцінку ефективності та правильності використовуваних даних. Для цього запропоновано використовувати три методи: метод множинної лінійної регресії, а також методи дерев рішень – алгоритм С 4.5. та Random Forest (випадковий ліс).

Метод множинної лінійної регресії – у разі постановки завдання застосування лінійної регресії зводиться до того що, що необхідно як обробити великий обсяг вихідних даних, і виявити помилки, а й у тому, щоб спрогнозувати як зміна вихідних даних вплине на підсумкове значення викидів ПГ.

Дерево рішень, алгоритм 4.5. – даний алгоритм реалізує модель при якому в листі такого дерева вказуються показники-пророцтва, для отримання відповідної відповіді на виході алгоритм починає свою роботу з кореневої структури і в міру просування в оцінці показників, що використовуються, робить переходи в ліве або праве піддерево, виходячи з умови виконується правило чи ні.

Алгоритм Random forest або алгоритм випадкового лісу відноситься до алгоритмів контрольованої класифікації, що також вирішує завдання регресії. Як впливає із назви, принцип роботи даного алгоритму полягає у створенні цілого ряду (лісу) дерев.

З допомогою застосування зазначених методів програма оцінює середньоквадратичну помилку та ефективність правильно класифікованих даних, тобто. підсумковим результатом є оцінка достовірності одержуваних

результатів. При цьому для цілей прогнозування або додаткової верифікації необхідно визначити додаткові показники.

.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ СПРЯМОВАНИХ НА ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В КІРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ

В якості пілотного проєкту розглядається Кіровоградська область. Апробація методики проводилася за період із 2023 по 2024 роки включно. Вибір даного регіону та періоду обумовлюється тим, що в Кіровоградській області є найповніша і достовірна інформація про транспортної роботі подана у відкритих джерелах, соціальній та офіційних звітах по статистиці.

Галузеві методики, на підставі яких розраховуються обсяги викидів парникових газів автомобільним транспортом (методики рівнів 1, 2, 3), гармонізовані з міжнародною методикою МГЕЗК та нормативними методиками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [36]. Галузеві методики передбачають використання офіційних статистичних (за їх відсутності розрахункових) даних за кількістю палива, що спалюється, національних (регіональних) коефіцієнтів викидів ПГ, що встановлюються залежно від виду моторного палива з поділом на типи та екологічні класи транспортних засобів з урахуванням марочного складу транспортних засобів, їх річних пробігів та інших показників.

Достовірність вихідних даних за зазначеними показниками для всіх видів транспорту складно забезпечити через відсутність нормативів питомих витрат палива (на одиницю пробігу, транспортної роботи) конкретними марками транспортних засобів, а також через недосконалість системи статистичного обліку показників транспортної роботи та пробігу транспортних засобів.

Це насамперед стосується автомобільного транспорту, викиди парникових газів якого становлять 2/3 сумарних викидів ПГ транспортним комплексом.

В офіційній статистиці не відображається паливоспоживання парку автомобілів, що належать фізичним особам. Лише юридичних осіб мають представляти статистичну звітність. Проте, більшість парку транспортних засобів належить фізичним особам, які не надають статистичну звітність про свою діяльність, у тому числі за обсягами споживання палива.

Зазначені обставини значно ускладнюють достовірну оцінку валових викидів ПГ окремими видами транспорту як на регіональному, а й у федеральному рівнях. У зв'язку з цим особливу актуальність має проблема верифікації та незалежного аудиту вихідних даних.

Для отримання достовірних розрахункових оцінок валових викидів ПГ транспортом регіону (адаптація коефіцієнтів, що приймаються, та значень окремих показників) у галузевих методиках для різних видів транспорту передбачається виконання розрахунків одночасно за методиками рівнів 1, 2 та 3 з використанням в них раніше апробованих та широко використовуваних методик розрахунку необхідних вихідних даних, відсутніх з тих чи інших причин офіційної статистики.

Це насамперед відноситься до автомобільного та міського електричного транспорту в частині оцінки обсягів енерго- та паливоспоживання, річних пробігів, екологічних класів окремих транспортних засобів, власниками яких є фізичні особи.

Для оцінки обсягу кінцевого споживання різних видів моторних палив та енергії (млн т.у.п./рік) за видами транспорту застосовуються питомі викиди ПГ на одиницю спаленого палива (первинного енергоресурсу) – національні коефіцієнти (див. табл. 4.1), розроблені для використання у Національній доповіді з кадастру викидів парникових газів з врахуванням виду та елементного складу палив, що застосовуються в Україні. Значення коефіцієнтів викидів ПГ на одиницю спожитої електроенергії (кВт·год) розраховані на основі єдиного паливно-енергетичного балансу та коефіцієнтів викидів ПГ від спалювання палива, рекомендованих Методичними рекомендаціями щодо проведення добровільної інвентаризації обсягу викидів

парникових газів суб'єктів України [36] втрат електроенергії у електричних мережах).

Таблиця 4.1 – Розрахункові коефіцієнти переведення в енергетичні одиниці та коефіцієнти викидів діоксиду вуглецю (т CO₂/ТДж)

Тип паливних ресурсів	Одиниця вимірювання	Коефіцієнт переведу натуральних одиниць в енергетиці		Коефіцієнт викидів CO ₂ , тCO ₂ /ТДж
		тис. т.у.п./ од.	ТДж/од.	
Нафта	тис. т.	1,43	41,91	73,3
Автомобільний бензин	тис. т.	1,49	43,67	69,3
Авіаційний гас	тис. т.	1,47	43,08	71,5
Інші види гасу	тис. т.	1,47	43,08	71,9
Дизельне паливо	тис. т.	1,45	42,5	74,1
Мазут топочний	тис. т.	1,37	40,15	77,4
Мазут флотський	тис. т.	1,43	41,91	77,4
Паливо пічне побутове	тис. т.	1,45	42,5	77,4
Скраплений нафтовий газ	тис. т.	1,57	46,01	63,1
Інші види моторного палива	тис. т.	1,47	43,08	71,9
Нафтобітум	тис. т.	1,35	39,57	80,7
Нафта (лігроін)	тис. т.	1,536	45,01	73,3
Змащувальні матеріали, парафіни	тис. т.	1,372	40,2	73,3
Газ нафтопереробних заводів	тис. т.	1,5	43,96	57,6
Нафтовий кокс	тис. т.	1,08	31,65	97,5
Інші види нафтопродуктів	тис. т.	1,43	41,91	73,3
Вугілля кам'яне	тис. т.	0,876	25,67	90,2
Природний газ	млн. м ³	1,154	33,82	54,4

Отримані значення дорівнюють: для CO₂ – 435 г/кВт×год; для CH₄ – 0,00723 г/кВт × год; для N₂O – 0,0033 г / кВт×год.

Оцінка викидів парникових газів усіма видами транспорту в пілотному регіоні здійснювалася за методиками рівнів 1, 2 та 3 на основі даних за 2014-2021 роки. Було встановлено питомі значення викидів ПГ для перевезення вантажів та пасажирів загалом в Україні (методика рівня 1), які використовувалися при розрахунках викидів ПГ для пілотного регіону.

4.1. Аналіз сценаріїв розвитку транспортного комплексу до 2030 року

Глобальною метою низьковуглецевого сталого розвитку транспортної галузі є зниження абсолютних та питомих обсягів (на одиницю корисної роботи) викидів парникових газів пересувними та стаціонарними об'єктами транспортного комплексу та дорожнього господарства.

З метою зниження абсолютних та питомих викидів парникових газів (ПГ) на транспорті та у дорожньому господарстві передбачається реалізація нормативних правових, організаційних, інженерно-технічних та економічних заходів, які можна згрупувати за трьома напрямками:

1. Підвищення енергоефективності ТЗ, що працюють на традиційних видах палива, та реалізація та вдосконалення сучасних транспортних технологій.

2. Збільшення кількості ТЗ, що експлуатуються на альтернативних видах палива, зі зниженим викидом ПГ.

3. Розвиток транспортної інфраструктури та управління мобільністю для скорочення нераціональних пробігів, підвищення коефіцієнтів використання місткості та вантажопідйомності, зниження навантаження на довкілля.

У нашому випадку, у блоці сценарного прогнозування сформовано два сценарії – інерційний (консервативний) та інноваційний (цільовий) зміни значень основних вихідних показників – обсягів пасажирської та вантажної транспортної роботи та питомих (на одиницю транспортної роботи, пробігу, протяжності дороги) викидів ПГ, приросту протяжності автомобільних доріг загального користування, зміни чисельності та структури парку ТЗ за типом енергоустановок та виду використовуваного палива [66].

При цьому вказуються заходи, при яких ці значення можуть бути досягнуті. Сценарії формуються на основі прогнозу довгострокового соціально-економічного розвитку регіону чи держави та трендів технологічного розвитку автомобільної промисловості, автомобільного транспорту та дорожнього господарства.

В інерційному сценарії оцінки показників, наприклад, для України реалізуються лише раніше вжиті заходи, що призводять до зниження викидів ПГ, включаючи заходи щодо підвищення енергоефективності, розвитку атомної енергетики, нетрадиційних джерел енергії. Інноваційний сценарій передбачає інтенсивний розвиток ринку транспортних засобів, що працюють на альтернативних видах палив та підвищення енергоефективності всього транспортного сектора. У рамках сценарію передбачається зміна структури паливно-енергетичних ресурсів, що використовуються, реалізацію більш ресурсозатратної для держави та бізнесу моделі управління розвитком транспорту при значному підвищенні витрат на розвиток транспортної інфраструктури, реалізацію високотехнологічних проєктів та розвиток людського потенціалу. В обох сценаріях передбачається вироблення та введення в дію механізмів державного та ринкового регулювання, що передбачають реалізацію нормативних правових, організаційних, інженерно-технічних та економічних заходів з різною інтенсивністю введення за часом та охопленням території та діляться на три напрями.

Терміни реалізації заходів щодо інерційного сценарію зсуваються порівняно з інноваційним на 5-7 років та реалізуються у менших обсягах. Заходи першого порядку передбачають: розробку та впровадження нових ТЗ, що працюють на альтернативних видах палив та використовують енергоефективні технології.

Заходи другого порядку передбачають: масштабне виробництво енергоефективних палив, що відповідають ТЗ, а також удосконалення систем, здатних акумулювати електричний заряд з метою збільшення кількості електромобілів;

Заходи третього порядку передбачають застосування сталого підходу при створенні та експлуатації транспортних систем, підвищуючи цим попит на ТЗ, що працюють на альтернативних видах палив, а також до формування раціональних транспортних мереж.

За прогнозом чисельність автотранспортних засобів у Кіровоградській області збільшиться з 1,9 млн од. у 2015 р. до 2,7 млн од. у 2030 р. за консервативним сценарієм (в 1,4 рази) та до 3,3 млн од. – за інноваційним сценарієм (у 1,82 рази).

Консервативний сценарій передбачає приріст обсягу перевезень вантажів із 159,4 млн тонн у 2015 р. до 398,4 млн тонн у 2030 р. (у 2,5 рази). У структурі вантажоперевезень – частка автомобільного транспорту зменшиться до 27%.

Інноваційний сценарій передбачає приріст обсягу перевезень вантажів з 161,4 млн. тонн у 2015 до 484,2 млн. тонн у 2030 році. (у 3 рази). У структурі вантажоперевезень – частка автомобільного транспорту зменшиться до 28%.

Великі обсяги вантажних перевезень в інноваційному сценарії пов'язані:

- з вищими темпами зростання обсягів виробництва у галузях економіки Кіровоградської області;
- з активним будівництвом житла та комерційних об'єктів;
- з розвитком міжобластної торгівлі;
- із суттєвим збільшенням обсягів міжнародних вантажів, що прямують по території області;
- з будівництвом великих транспортно-логістичних комплексів, що забезпечують обробку міжнародних вантажів.

За прогнозом у 2030 році загальний парк автотранспортних засобів Кіровоградської області становитиме 3,5 млн од. за консервативним сценарієм та 4,3 млн од. – за інноваційним сценарієм.

Консервативний сценарій розвитку транспортної системи Кіровоградської області передбачає збільшення кількості перевезень пасажирів з 17424000 чол.

У структурі пасажирських перевезень:

- частка рейкового позавуличного транспорту знизиться з 41,2% у 2015 до 36,4% у 2030 році;
- Частка маршрутного транспорту зросте з 42% до 45,5%;

- частка тролейбусів знизиться з 18,1% до 15,7%.

Інноваційний шлях розвитку передбачає збільшення обсягу вкладень у вдосконалення загальноміського транспорту, внаслідок чого:

- у Кіровоградській області відбудеться зростання рівня автомобілізації, що не супроводжуватиметься збільшенням частки поїздок на легковому автотранспорті, а збережеться співвідношення між числом поїздок, що здійснюються на легкових автомобілях 32 % у 2030 році та на загальноміському транспорті – 68 % від загального обсягу у 2030 році, за рахунок розвитку швидкісних позавуличних видів транспорту, внутрішньоміських залізничних сполучень, створення умов для пріоритетного проїзду наземного транспорту загального користування по вулично-дорожній мережі, будівництва транспортно-пересадочних вузлів, запровадження обмеженого в'їзду легкових автомобілів до центральної частини області та розширення зони платного паркування;

Інноваційний сценарій розвитку транспортної системи Кіровоградської області прогнозує збільшення кількості перевезень пасажирів з 1979600000 чол.

У структурі пасажирських перевезень:

- частка рейкового позавуличного транспорту знизиться з 37,2% у 2015 до 34,9% у 2030 році;

- Частка маршрутного транспорту зросте з 41% до 43,4%;

- частка тролейбусів знизиться з 17,1% до 15,2%;

За період 2025-2030 років. прогнозується, що основне збільшення перевезень пасажирів спостерігатиметься на маршрутному та тролейбусному транспорті.

Виходячи з інформації, представленої вище для Кіровоградської області, були спрогнозовані показники транспортної роботи для консервативного та інноваційного сценаріїв.

Для того, щоб впоратися з очікуваним збільшенням попиту на пасажирські та вантажні перевезення, необхідно забезпечити розвиток

транспортного сектору не лише з погляду транспортних засобів та об'єктів дорожнього господарства, але й з погляду всіх видів транспорту, з одночасним впровадженням систем інтелектуального керування, які зможуть підвищити ефективність транспортного комплексу та зменшити його антропогенне навантаження на населення та навколишнє середовище, основні заходи яких можна розглядати стосовно Транспортної системи Кіровоградської області представлені на рис. 4.1.

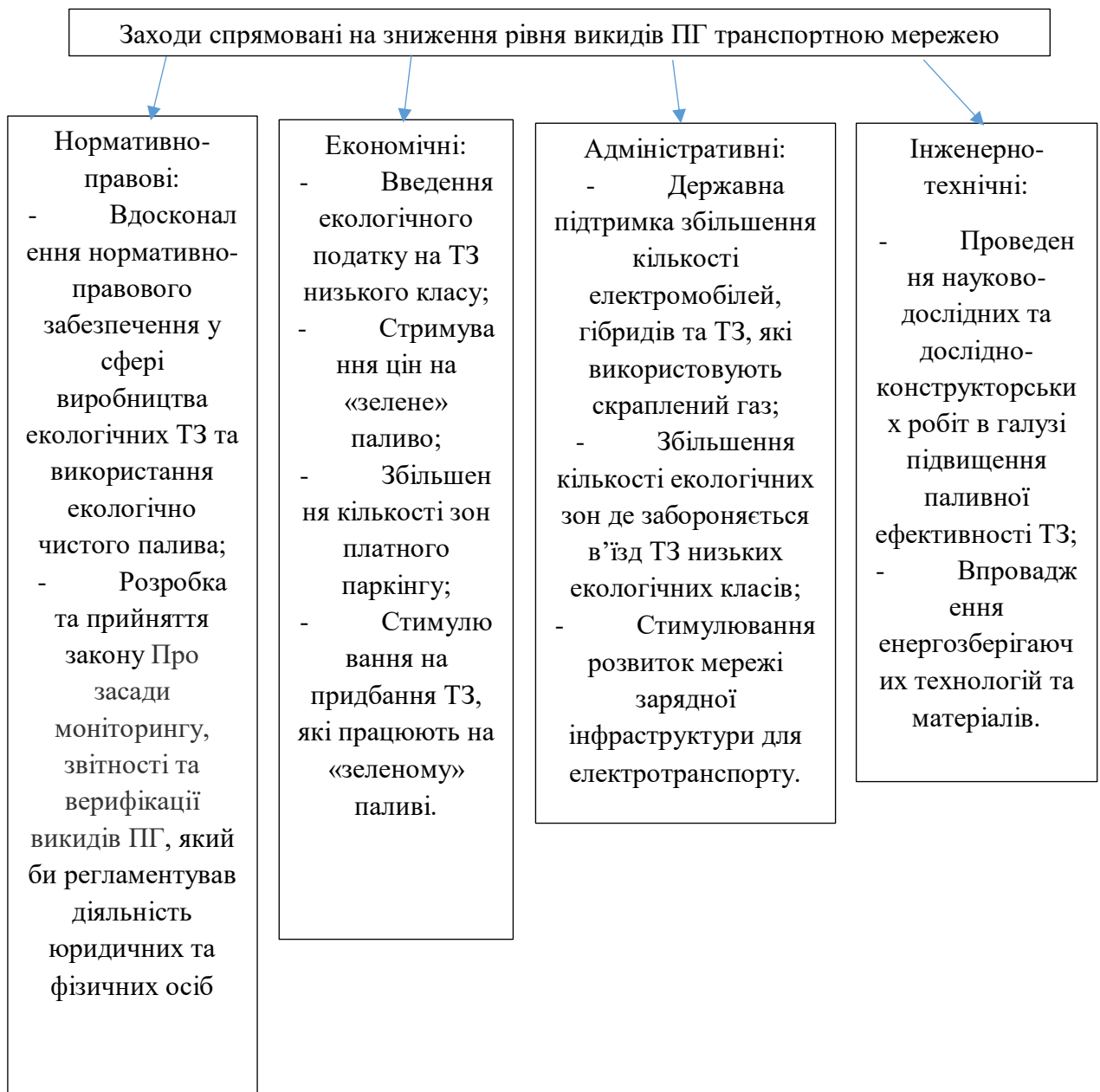


Рисунок 4.1 – Заходи, спрямовані на скорочення обсягів викидів ПГ у транспортному комплексі

4.2. Оцінка викидів парникових газів від пересувних джерел та об'єктів дорожнього господарства для Кіровоградської області за період з 1990 по 2021 років.

Для проведення розрахунків викидів ПГ від ТЗ в Кіровоградській області використовувалися формули, подані у розділі 3 (див. табл. 3.1), для основних показників, результати проведеної оцінки представлені на рис. 4.2.

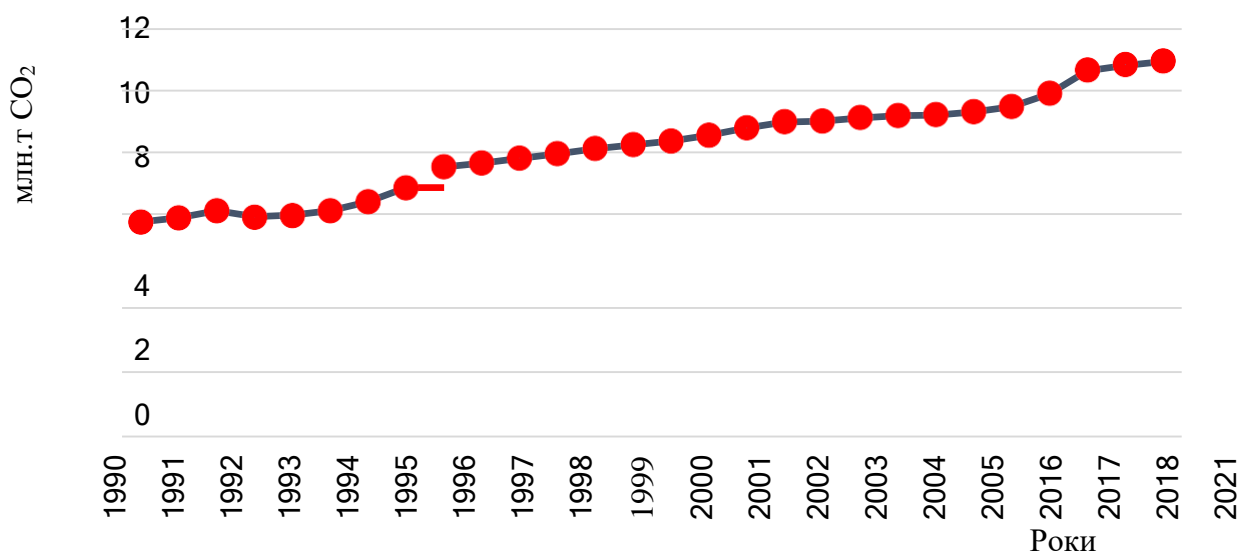


Рис 4.2 – Оцінка викидів ПГ від транспортних засобів та об'єктів дорожнього господарства Кіровоградської області за період з 1990 по 2021 рік

Наведений вище аналіз обсягів викидів показує, що до 1998 р. спостерігалось невисоке зростання викидів ПГ, це пов'язано з погіршенням економічної ситуації в країні, що так само негативно позначилося на розвитку транспортного комплексу. Після 1998 року спостерігається постійне збільшення викидів ПГ, пов'язано це, передусім, зі зростанням економіки та як наслідок зростанням обсягів транспортної роботи та збільшенням пробігу ТЗ.

Наступним кроком є верифікація отриманих значень із застосуванням методів машинного навчання. Верифікація статистичних даних проводиться за допомогою методів лінійної регресії, методу С 4.5. та випадкового лісу. Основними параметрами, які підлягають оцінці, є середньоквадратична помилка, абсолютна помилка та відсоток правильно класифікованих даних.

4.3. Проведення верифікації показників транспортної системи Кіровоградської області

Першим етапом верифікації була оцінка достовірності даних, представлених у таблиці 4.3 за допомогою алгоритму множинної лінійної регресії. Результати проведеної оцінки представлені у таблиці 4.2 та на рисунках 4.3 та 4.4.

Таблиця 4.3 – Результати верифікації із застосуванням алгоритму множинної лінійної регресії

Відсоток вірно класифікованих даних	97,312 %
Відсоток помилково класифікованих даних	2,688 %
Абсолютна похибка	0,142
Середньоквадратична похибка	1,57

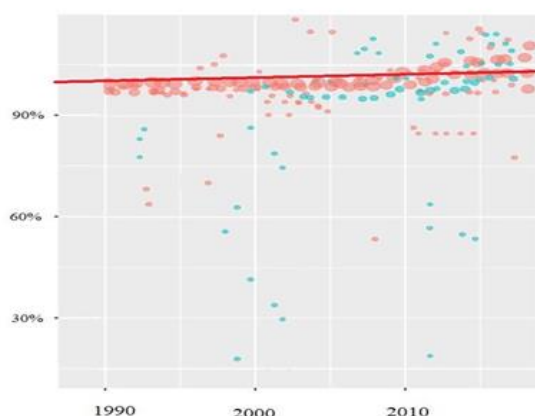


Рис. 4.3 – Відсоток (%) вірно класифікованих даних із застосуванням алгоритму множинної лінійної регресії

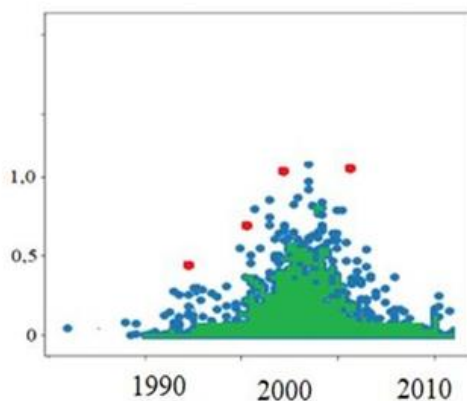


Рис. 4.4 – Значення середньоквадратичної похибки із застосуванням алгоритму множинної лінійної регресії

Проведений аналіз показників представлених у таблиці 4.3 з використанням методу множинної лінійної регресії показав, що спостерігається високий рівень правильно класифікованих даних, з низьким показником середньоквадратичної помилки, як видно з малюнка 4.3 середнє значення правильно класифікованих даних становить 97% тобто всього 3 % даних класифіковані не так, що свідчить про низький ступінь невизначеності.

Як і для множинної лінійної регресії верифікація за допомогою методу С 4.5. проводилася на предмет правильно класифікованих даних та оцінку середньоквадратичної помилки. Результати такої оцінки представлені у таблиці 4.4. та на рисунку 4.5.

Таблиця 4.4 – Результати верифікації із застосуванням методу алгоритму С 4.5.

Відсоток вірно класифікованих даних	95,112 %
Відсоток помилково класифікованих даних	4,888 %
Абсолютна похибка	0,187
Середньоквадратична похибка	1,78

Аналіз даних поданих у таблиці 4.4 з використанням методу С 4.5. показав, що спостерігається високий рівень чітко класифікованих даних, з низьким показником середньоквадратичної помилки, як видно з рис. 4.5 середнє значення правильно класифікованих даних становить 95 %, тобто. близько 5% даних класифіковані не так, що також свідчить про низьку ступінь невизначеності.

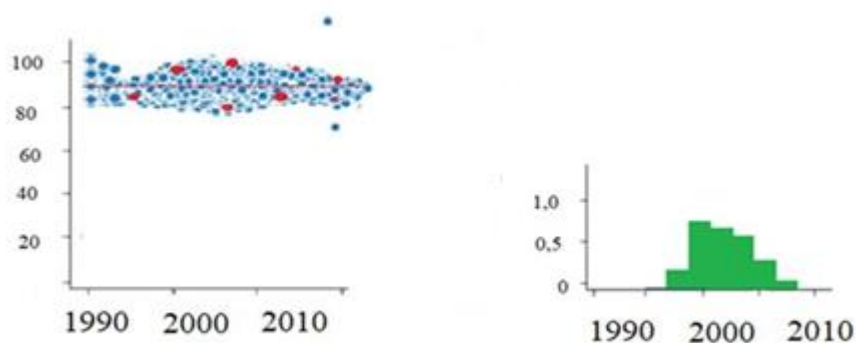


Рис. 4.5 – Результати верифікації із застосуванням методу алгоритму С 4.5: а) відсоток правильно класифікованих даних; б) значення середньоквадратичної помилки.

Нижчий відсоток правильно класифікованих відповідей під час використання алгоритму С 4.5. обумовлений тим, що алгоритм множинної лінійної регресії слід жорсткому алгоритму під час проведення класифікації, тобто. всі дані аналізуються з на предмет істинності або хибності в межах довірчого інтервалу, коли алгоритми використовують у своїй основі дерева рішень шляхом перебору різних даних вчать встановлювати свої зв'язки навіть з об'єктами, що не класифікуються, тим самим алгоритм ускладнюється і стає об'ємнішим, тому і відсоток правильно класифікованих даних знижується.

Для алгоритму випадкового лісу також оцінювалася ефективність класифікації та середньоквадратична помилка. Результати такої оцінки представлені у таблиці 4.5. та на рисунку 4.6.

Таблиця 4.5 – Результати верифікації із застосуванням алгоритму випадкового лісу

Відсоток вірно класифікованих даних	94,875 %
Відсоток помилково класифікованих даних	5,125 %
Абсолютна похибка	0,187
Середньоквадратична похибка	1,89

Аналіз даних представлених у таблиці 4.5 із застосуванням алгоритму випадкового лісу показав, що спостерігається високий рівень правильно класифікованих даних, з низьким показником середньоквадратичної помилки.

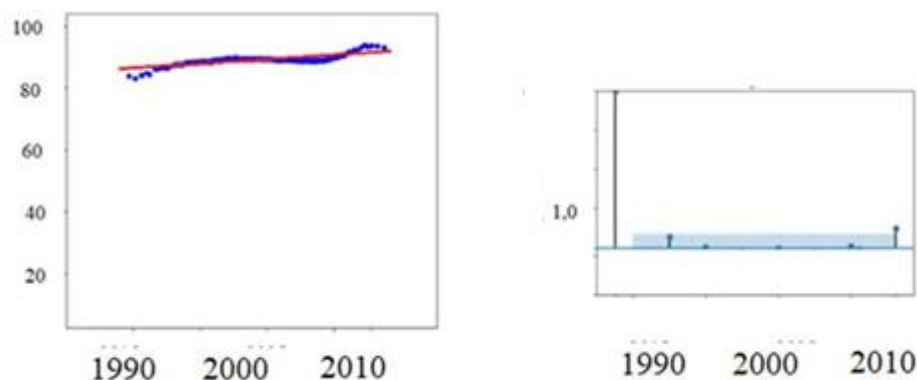


Рис. 4.6 – Результати верифікації із застосуванням алгоритму випадкового лісу: а) відсоток правильно класифікованих даних; б) значення середньоквадратичної помилки

Як видно з рис. 4.6 середнє значення правильно класифікованих даних становить 95 %, тобто. близько 5% даних класифіковані не так, що також свідчить про низьку ступінь невизначеності. Зниження відсотка ефективності проти методом множинної лінійної регресії пов'язані з тим, що метод випадкового лісу як і метод С 4.5. відноситься до логічних методів рішень.

4.4. Проведення верифікації показників транспортної роботи з оцінкою заходів, спрямованих на зниження викидів парникових газів для розвитку транспортної системи Кіровоградської області

Для проведення розрахунків викидів ПГ від транспортних засобів в Кіровоградській області використовувалися формули, наведені у розділі 3 (див. табл. 3.1), а їх результати наведені в таблиці 4.6 для основних показників, результати проведеної оцінки представлені на рисунку 4.7.

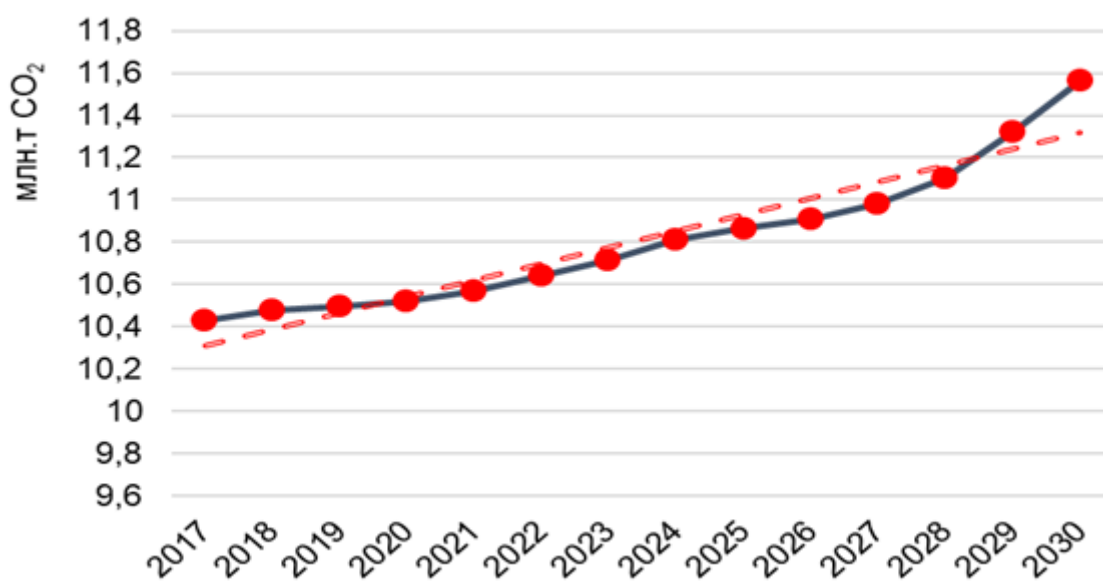


Рисунок 4.7 – Оцінка викидів ПГ від транспортних засобів та об'єктів дорожнього господарства Кіровоградської області для інноваційного сценарію на період до 2030 року (прогноз)

Представлений на рис. 4.7 аналіз обсягів викидів показує, що при збереженні поточної тенденції, спрямованої на збільшення транспортної

роботи та споживання ТЗ традиційних видів палив, спостерігатиметься стійке збільшення обсягів викидів ПГ.

З цієї причини було проаналізовано заходи, спрямовані на зниження обсягу транспортної роботи та переходу на альтернативні види палив. Наступним кроком є верифікація отриманих значень із застосуванням методів машинного навчання. Верифікація використовуваних даних проводиться за допомогою методів лінійної регресії, методу С4.5. та випадкового лісу. Основними параметрами, які підлягають оцінці є середньоквадратична помилка, абсолютна помилка та відсоток правильно класифікованих даних.

Проте, верифікацію отриманих значень доцільно проводити одночасно з оцінкою ефективності заходів, спрямованих на зниження викидів ПГ. Як зазначалося, раніше до основних заходів належать заходи спрямовані на перехід до використання альтернативних видів палив та посилення політики в галузі обмеження пробігів автомобілів, шляхом введення екологічних зон, що забороняють в'їзд ТЗ з низьким екологічним класом.

Першим етапом верифікації була оцінка достовірності даних, представлених у таблиці 4.2 за допомогою методу множинної лінійної регресії. Результати проведеної оцінки представлені на рисунках 4.8 та 4.9.

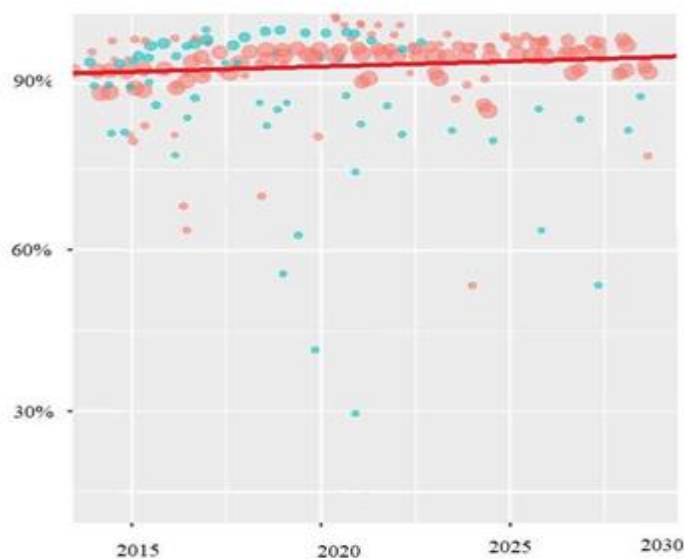


Рис. 4.8 – Відсоток правильно класифікованих показників із застосуванням алгоритму множинної лінійної регресії (прогноз)

Аналіз показників, представлених на рис. 4.8 з використанням методу множинної лінійної регресії показав, що спостерігається високий рівень правильно класифікованих даних, з низьким показником середньоквадратичної помилки.

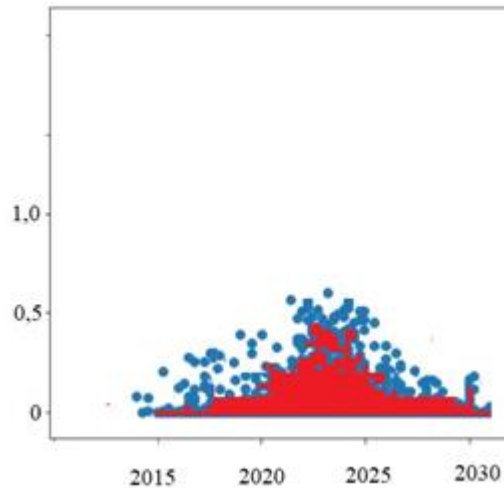


Рисунок 4.9 – Значення середньоквадратичної помилки із застосуванням алгоритму множинної лінійної регресії

Середнє значення правильно класифікованих даних становить 93,5% тобто. близько 6,5 % даних класифіковані не так, що свідчить про низький ступінь невизначеності.

Як і для множинної лінійної регресії верифікація за допомогою методу 4.5. проводилася на предмет правильно класифікованих даних та оцінку середньоквадратичної помилки. Результати такої оцінки представлені рисунку 4.10.

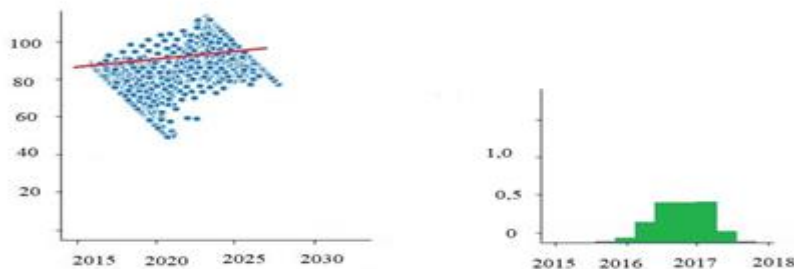


Рисунок 4.10 – Результати верифікації із застосуванням алгоритму С 4.5:
а) відсоток правильно класифікованих даних; б) значення середньоквадратичної помилки.

Аналіз даних представлених рисунку 4.10 з допомогою методу С 4.5. показав, що спостерігається високий рівень чітко класифікованих даних, з низьким показником середньоквадратичної помилки. Як очевидно з малюнка 4.10 середнє значення правильно класифікованих даних становить 94,2 %, тобто. близько 5,8 % даних класифіковані не так, що також свідчить про низьку ступінь невизначеності.

Для алгоритму випадкового лісу також оцінювалася ефективність класифікації та середньоквадратична помилка. Результати такої оцінки представлені рисунку 4.11.

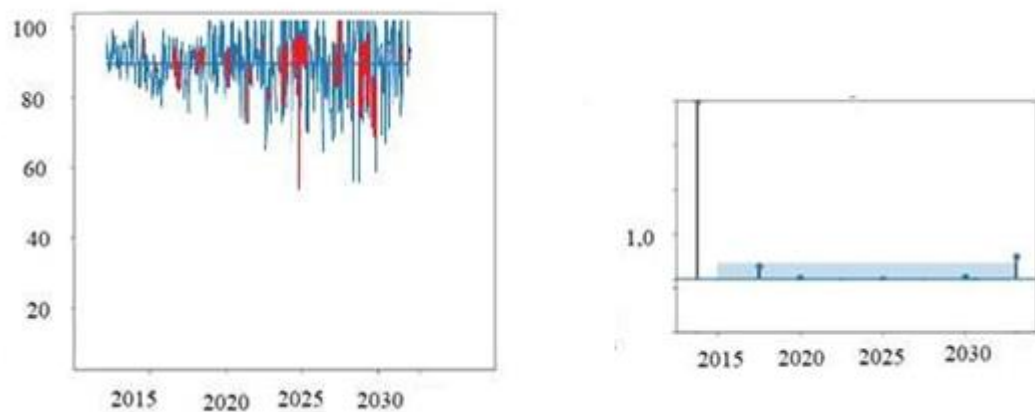


Рисунок 4.11 – Результати верифікації із застосуванням алгоритму випадкового лісу а) відсоток правильно класифікованих даних; б) значення середньоквадратичної помилки.

Аналіз даних представлених рис. 4.11 із застосуванням алгоритму випадкового лісу показав, що спостерігається високий рівень правильно класифікованих даних, з низьким показником середньоквадратичної помилки. Як очевидно з рис. 4.11 середнє значення правильно класифікованих даних становить 95%, тобто. близько 5% даних класифіковані не так, що також свідчить про низьку ступінь невизначеності.

Для оцінки ефективності заходів спрямованих на зниження викидів ПГ від транспортних засобів та об'єктів дорожнього господарства використовується набір тих самих алгоритмів, що і для проведення верифікації, проте, в даному випадку, програма, маючи перевірену базу даних

із встановленими зв'язками класифікації, аналізує додаткові показники на предмет впливу на ефективність класифікації та середньоквадратичну помилку відповідно. Аналіз впливу додаткових показників представлений на рисунках 4.12 та 4.13.

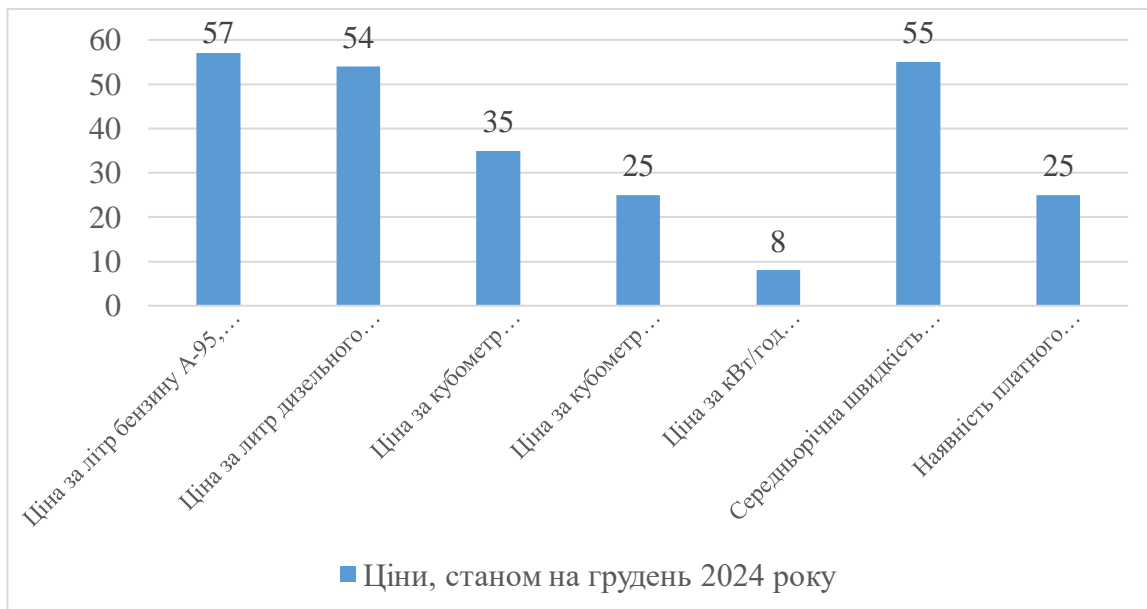


Рисунок 4.12 – Ефективність показників при оцінці заходів, спрямованих на зниження викидів парникових газів від автомобільного транспорту та об'єктів дорожнього господарства

Далі ми провели оцінку динаміки викидів ПГ з урахуванням впливу нових показників на підсумковий обсяг викидів ПГ, результат даного аналізу представлений на рис. 4.13

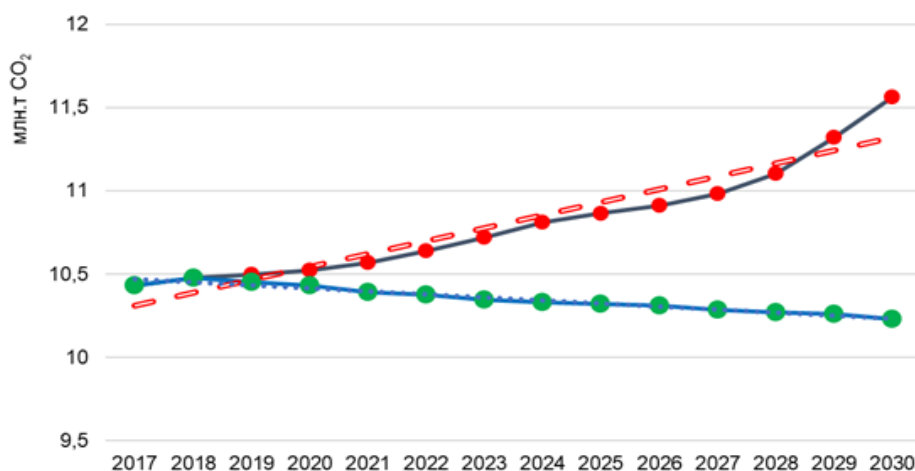


Рисунок 4.13 - Динаміка викидів ПГ під час реалізації заходів спрямованих на зниження їх викидів

Таким чином, виходячи з динаміки формування викидів ПГ в кіровоградській області можна дійти висновку, що заходи, спрямовані на зниження викидів ПГ, можуть призвести до істотного зниження обсягів викидів, за рахунок активного переходу на альтернативні види палива та зменшення пробігів ТЗ низьких екологічних класів.

Висновок до розділу

Проведена оцінка викидів ПГ показала, що методи верифікації дозволяють проводити як достовірну оцінку викидів ПГ, а й визначати, які заходи, створені задля зниження викидів, є найефективнішими. На підставі інформації представленої на рис. 4.12 можна зробити висновок, що найбільш ефективними методами, спрямованими на зниження викидів ПГ, є заходи для стимулювання використання альтернативних видів палив та зменшення пробігів ТЗ низьких екологічних класів за рахунок введення екологічних зон та платного паркінгу

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути при виконанні оцінки ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області.

Оцінка ефективності заходів зі зниження парникових газів пов'язана з комплексним підходом, який включає аналіз транспортної інфраструктури, вимірювання викидів, математичне моделювання та обробку даних. У цьому процесі виникають різноманітні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори. Транспортні ризики під час проведення вимірювань або інспекцій у зоні активного дорожнього руху існує ризик ДТП. Особливо небезпечно це на магістралях або ділянках із низькою видимістю. Рух транспорту з високою швидкістю збільшує ризик травмування.

Погодні умови. Екстремальні погодні умови (ожеледь, сильний вітер, дощ) можуть створювати ризики падінь або погіршення видимості. Сонячна радіація та спека підвищують ризик теплового удару.

Шум. Робота поблизу транспортних вузлів створює підвищений рівень шуму, що може викликати втрату слуху або головний біль.

Вібрація. Під час роботи із транспортними засобами чи вимірювальним обладнанням працівники можуть піддаватися локальній або загальній вібрації.

Механічні фактори. Робота з рухомими механізмами, використання технічних засобів (дрони, сенсори, портативні прилади) може призводити до травмувань через неправильну експлуатацію.

Рух транспорту. Небезпека виникає від автомобілів, автобусів або іншого транспорту, що рухається в зоні робіт.

Падіння з висоти. Якщо робота виконується на естакадах, мостах чи інфраструктурних об'єктах, існує ризик падіння.

Шкідливі виробничі фактори, до яких відносяться хімічні фактори.

Вплив токсичних газів. Вдихання викидів транспорту, які містять оксиди азоту, вуглекислий газ, метан, тверді частинки, може спричинити подразнення органів дихання, алергічні реакції та отруєння.

Контакт із небезпечними матеріалами. Забруднений ґрунт або вода поблизу транспортних шляхів можуть містити залишки паливно-мастильних матеріалів, що шкодить шкірі чи слизовим оболонкам.

Акумуляція шкідливих речовин. Тривале перебування в зоні підвищених викидів може викликати накопичення шкідливих речовин у тканинах організму, що сприяє розвитку хронічних захворювань.

Фізіологічні фактори. М'язове перенапруження при виконанні робіт у незручній позі або тривале носіння обладнання викликає перевтому м'язів.

Втома та стрес. Надмірне навантаження через великий обсяг обчислень, аналізу даних або польової роботи може спричинити фізичне виснаження.

Тепловий вплив. Робота під прямим сонячним промінням може викликати тепловий удар або зневоднення.

Ергономічні фактори. Незручні умови роботи, коли тривала робота за комп'ютером або польові обстеження на пересіченій місцевості призводять до перенапруги очей та опорно-рухового апарату.

Нестача відпочинку. Робота у напруженому графіку без належних перерв підвищує ризик професійних захворювань.

Психофізіологічні фактори. Стресові ситуації, коли виникає потреба виконання завдань у стислий термін або в умовах підвищеної відповідальності викликає емоційне перенапруження.

Монотонність праці при повторенні одноманітних операцій (аналіз даних, вимірювання показників) знижує концентрацію та підвищує ризик помилок.

5.2. Розробка заходів по запобіганню дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів і покращенню умов праці.

5.2.1. Заходи запропоновані для усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Перелік заходів із запобігання дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів при оцінці ефективності заходів зі зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області наступний.

Організаційні заходи. Розробка плану управління ризиками, виявлення потенційно небезпечних зон та операцій (наприклад, місць з високими концентраціями викидів CO₂ або ділянок з інтенсивним рухом транспорту).

Впровадження процедур реагування на аварійні ситуації, включаючи евакуацію персоналу.

Ротація персоналу. Зменшення тривалості перебування працівників у зоні високих ризиків шляхом чергування завдань.

Планування логістики. Організація транспортного руху з урахуванням мінімізації впливу шкідливих факторів (наприклад, зміна маршрутів задля уникнення заторів і зменшення викидів).

Технічні заходи. Використання персонального захисного обладнання (ПЗО): респіратори або маски для роботи в зоні з високою концентрацією парникових газів. Зручний одяг із терморегуляцією, що захищає від перегріву чи переохолодження.

Автоматизація процесів. Встановлення сенсорів та автоматизованих станцій для збору даних про викиди. Це дозволить уникнути прямого контакту працівників з небезпечними зонами.

Модернізація транспортного парку. Переоснащення транспорту на гібридні або електричні моделі для зниження викидів. Встановлення фільтрів або каталітичних нейтралізаторів для існуючих транспортних засобів.

Технічне обслуговування. Регулярна перевірка та обслуговування транспортних засобів для запобігання несправностям, що можуть викликати викиди.

Гігієнічні заходи. Очищення повітря, встановлення систем очищення повітря в приміщеннях, де працюють працівники, особливо якщо дані обробляються поблизу зон з високими викидами.

Контроль мікроклімату. Підтримання оптимальної температури і вологості в офісах та виробничих приміщеннях.

Санітарна обробка. Регулярне очищення робочих місць, обладнання і зон перебування персоналу.

Психологічна підтримка і мотивація. Розробка програм адаптації, забезпечення адаптаційних періодів для працівників, які вперше стикаються з небезпечними факторами.

Психологічне консультування, надання можливості регулярних зустрічей із психологами або спеціалістами з управління стресом.

Програми соціального визнання. Нагородження найкращих працівників чи матеріальне заохочення.

Екологічні заходи. Інфраструктурні зміни, збільшення кількості зелених насаджень уздовж доріг, щоб покращити якість повітря та знизити вплив шкідливих речовин.

Впровадження відновлювальних джерел енергії. Використання сонячних панелей чи вітрових турбін для живлення моніторингового обладнання.

Програми утилізації. Встановлення систем збору і переробки відходів транспорту (мастила, фільтри, акумулятори).

Ергономічні заходи. Проектування і облаштування робочих місць з урахуванням ергономічних стандартів (регульовані столи, крісла з підтримкою спини).

Забезпечення оптимального освітлення. Використання природного та штучного освітлення, яке не втомлює зір.

Портативні пристрої. Використання портативних пристроїв для моніторингу, що дозволяє працівникам перебувати у комфортних умовах під час виконання своїх завдань.

Інформаційна підтримка. Освітні заходи, організація тренінгів та семінарів з використання інноваційних технологій у сфері оцінки парникових газів.

Розробка інформаційних матеріалів. Інструкції, довідники, відео-уроки щодо безпечної роботи у зоні з високими ризиками.

Цифрові платформи. Впровадження програмного забезпечення для віддаленої обробки даних, що мінімізує необхідність особистої присутності у небезпечних зонах [42].

Критерії оцінки ефективності заходів наступні:

- зниження рівня виробничого травматизму та кількості звернень до медиків;
- покращення показників якості повітря та екологічної ситуації;
- зростання продуктивності праці завдяки поліпшенню умов для працівників;
- позитивні відгуки працівників щодо організації роботи.

Такі заходи допоможуть не лише захистити працівників, але й підвищити ефективність роботи всієї транспортної системи області.

5.2.2. Вибір і обґрунтування засобів індивідуального захисту

Оцінка ефективності заходів зі зниження парникових газів транспортною системою передбачає проведення робіт, які можуть включати аналіз викидів, моніторинг транспортного трафіку, вимірювання рівня шкідливих речовин, а також роботу з технічними приладами. У такому випадку необхідно забезпечити засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які відповідають потенційним небезпекам.

Потенційні небезпеки. **Вдихання шкідливих речовин:** Викиди від транспортних засобів можуть включати CO₂, CO, оксид азоту, тверді частки, тощо. **Контакт з небезпечними речовинами,** наприклад, залишки палива або мастил. **Акустичний вплив при виконанні роботи** в умовах високого рівня

шуму (поблизу автомобільних магістралей). **Механічні травми**, під час роботи на проїжджій частині або біля транспортних засобів.

Рекомендовані засоби індивідуального захисту наступні.

Для захисту органів дихання: респіратори або фільтруючі маски класу FFP2/FFP3 (захист від дрібних часток і газів). При роботі з токсичними газами – маски з картриджами для захисту від хімічних речовин.

Для захисту очей і обличчя: захисні окуляри або щитки (особливо при роботі з пристроями для вимірювання або біля джерел пилю).

Захист шкіри – робочий одяг з щільної тканини. Захисні рукавички (особливо при контакті з технічними засобами або забрудненими поверхнями).

Захист від шуму. Шумозахисні навушники або беруші (якщо рівень шуму перевищує 85 дБ).

Захист від механічних травм. Відбивні жилети для підвищення видимості на дорозі. Захисне взуття з нековзною підошвою.

Додаткові засоби. Каска (при роботі на будівельних або промислових майданчиках). Гігієнічні засоби (антисептики, серветки).

Обґрунтування використання засобів індивідуального захисту **законодавчі вимоги** – згідно з нормами охорони праці, використання ЗІЗ є обов'язковим у потенційно небезпечних умовах.

Збереження здоров'я. Тривале перебування в зоні високих концентрацій шкідливих речовин без ЗІЗ може спричинити захворювання дихальної системи або інші ускладнення.

Підвищення ефективності роботи. Захищені працівники менше піддаються стресу та фізичному дискомфорту, що сприяє більш якісному виконанню завдань.

5.2.3. Розробка інструкції з охорони праці

Інструкція визначає основні вимоги з охорони праці для осіб, що виконують оцінку ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області.

Інструкція обов'язкова для ознайомлення та виконання всіма працівниками, залученими до робіт.

Оцінка виконується у відповідності до чинних нормативно-правових актів України у сфері охорони праці, екологічного моніторингу та транспорту.

Особи, які допущені до виконання робіт, мають пройти навчання з охорони праці та бути ознайомленими з можливими ризиками, що виникають під час виконання зазначених робіт.

Вимоги до організації робочого місця.

Робоче місце повинно бути облаштоване відповідно до санітарно-гігієнічних норм. Забезпечити належне освітлення та вентиляцію приміщення. Використовувати ергономічні меблі та обладнання.

При роботі на відкритому повітрі, забезпечити надійний доступ до робочої зони, засоби захисту від атмосферних опадів, спеки або холоду.

Усі прилади та техніка повинні бути справними та відповідати вимогам електробезпеки.

Вимоги до персоналу. До виконання робіт допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли інструктаж з охорони праці та медичний огляд. Виконавці повинні носити засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): захисні окуляри, рукавички, каски (за необхідності), відповідний одяг та взуття для роботи в польових умовах. Особи, які мають скарги на здоров'я, не допускаються до виконання робіт.

Вимоги під час виконання робіт. Під час збору даних використовувати лише сертифіковане обладнання. Забезпечити стабільність розташування приладів для вимірювання.

При роботі з автомобільними засобами забороняється проводити вимірювання на проїжджій частині без огороження та попереджувальних знаків. Обов'язково використовувати світловідбивні жилети.

У разі роботи з хімічними реагентами або лабораторним обладнанням використовувати спеціальні засоби захисту (маски, фартухи). Дотримуватись вимог пожежної безпеки [42].

Роботу з комп'ютерною технікою проводити відповідно до норм безпеки при використанні ПК. Після кожної години роботи робити 10-хвилинну перерву.

У разі аварійних ситуацій при виявленні несправності обладнання або засобі в вимірювання, негайно припинити роботу та повідомити керівника.

У разі травмування або погіршення самопочуття працівника надати першу допомогу, викликати швидку допомогу, повідомити керівництво про інцидент.

У разі пожежі або загоряння використати найближчий вогнегасник, повідомити рятувальну службу.

Інструкція підлягає перегляду не рідше одного разу на 5 років або за необхідності. Порушення вимог інструкції є підставою для дисциплінарної відповідальності. Ознайомлення з інструкцією працівників фіксується у журналі реєстрації інструктажів.

5.2.4. Розрахунок освітлення лабораторії для виконання оцінки ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області

Припустимо, що лабораторія використовується для досліджень, які потребують високого рівня освітлення. Використаємо метод коефіцієнта використання світлового потоку. Розрахунок освітлення лабораторії виконаємо при наступних вихідних даних: площа лабораторії $S = 50 \text{ м}^2$, норма освітленості $E = 500 - 750$ люкс, для лабораторії для роботи з дрібними деталями чи письма, висота установки світильників $h = 0,8$ м від підлоги до робочої поверхні (до столу), тип світильників – світлодіодні лампи (LED), коефіцієнт запасу для урахування втрат $k = 1,2 - 1,5$.

Кількість ламп для освітлення лабораторії визначимо за формулою

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k}{n \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де E – норма освітленості, лк, прийmemo $E = 500$ лк;

S – площа лабораторії, м²;
 k – коефіцієнт запасу для урахування втрат, приймаємо $k = 1,3$;
 n – світловий потік однієї лампи в люменах, $n = 2000$ лм;
 η – коефіцієнт використання світлового потоку, залежно від висоти і типу відбивачів, $\eta = 0,5$.

$$N = \frac{500 \cdot 50 \cdot 1,3}{2000 \cdot 0,5} = 32,5 \text{ шт.}$$

Тобто потрібно 33 світильники. Якщо лабораторія має природне освітлення, то коефіцієнт природної освітленості (КПО) може зменшити потребу в штучному освітленні.

5.3. Розробка заходів з пожежної профілактики

Розробка заходів із пожежної профілактики під час виконання оцінки ефективності заходів зі зниження парникових газів транспортною системою включає кілька етапів, спрямованих на забезпечення безпеки як персоналу, так і обладнання. Основні аспекти наступні.

Організаційні заходи. Розробка інструкцій з пожежної безпеки: скласти інструкцію, яка регламентує дії працівників у разі виникнення пожежі під час виконання досліджень і оцінки.

Навчання персоналу. Проводити регулярні навчання та інструктажі для всіх учасників процесу, включаючи симуляції евакуації.

Призначення відповідальних осіб. Визначити відповідальних за пожежну безпеку на кожному етапі роботи.

Технічні заходи. Обладнання робочих місць засобами пожежогасіння. Забезпечити наявність вогнегасників, пожежних щитів та іншого необхідного обладнання на місцях проведення досліджень.

Моніторинг електромережі. Перевірити справність електропроводки, яку використовують для обладнання, щоб уникнути коротких замикань.

Контроль за використанням обладнання. Перевіряти справність транспортних засобів, приладів для аналізу викидів і супутнього обладнання.

Врахування специфіки транспортної системи. Безпечне розміщення техніки, під час оцінки ефективності заходів обирати місця, які знаходяться далеко від джерел займання (наприклад, заправок, складів пального).

Контроль за зберіганням пального та мастил. Використовувати лише сертифіковані контейнери для пального й уникати його розливу.

Організація безпечного паркування транспорту. Забезпечити паркувальні місця із мінімальним ризиком займання, обладнані засобами пожежогасіння.

Оцінка потенційних ризиків. Ідентифікація зон ризику, визначити ділянки з підвищеним ризиком займання (наприклад, місця накопичення транспортних засобів).

Проведення аудиту пожежної безпеки. Організувати регулярну перевірку дотримання норм пожежної безпеки на всіх етапах досліджень.

Інформаційні заходи. Розмістити інформаційні знаки, встановити попереджувальні таблички та схеми евакуації.

Інформування населення у разі проведення досліджень поблизу житлових зон (повідомити місцевих жителів про можливі ризики).

5.4. Висновки по розділу

В розділі виконаний аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути при виконанні оцінки ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області. Оцінка ефективності заходів зі зниження парникових газів пов'язана з комплексним підходом, який включає аналіз транспортної інфраструктури, вимірювання викидів, математичне моделювання та обробку даних. У цьому процесі виникають різноманітні небезпечні й шкідливі виробничі фактори.

Розроблені заходи по запобіганню дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів і покращенню умов праці. Обґрунтовано вибір і

застосування засобів індивідуального захисту. Розроблена інструкція з охорони праці, яка визначає основні вимоги з охорони праці для осіб, що виконують оцінку ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою. Виконаний розрахунок освітлення лабораторії для проведення досліджень й розроблено заходи з пожежної профілактики [42].

ВИСНОВКИ

У ході виконання дослідження ми отримали наступні основні результати, сукупність яких підтверджує досягнення мети та вирішення поставлених завдань дослідження:

1. Удосконалено трирівневу методику оцінки обсягів викидів парникових газів від об'єктів автомобільного транспорту з впровадженням механізму розрахунків, що утворюються ПГ від об'єктів дорожнього господарства. Розроблено механізм проведення інструментальної інвентаризації викидів ПГ від транспортної системи Кіровоградської області.

2. Розроблено новий методичний інструмент верифікації, який використовується під час розрахунків показників транспортної роботи та отриманих результатів, на основі інтелектуального аналізу дозволяє не тільки проводити оцінку обсягів викидів парникових газів, а й верифікацію отриманих значень. Також, у рамках дослідження визначено найбільш підходящі алгоритми інтелектуального аналізу даних, що дозволяють проводити верифікацію показників, що використовуються, а також оцінку ефективності впровадження нових, а саме, як застосування нового показника впливає на кінцевий результат розрахунків.

3. Сформовано перелік показників транспортної роботи, необхідний для інвентаризації викидів парникових газів транспортної системи Кіровоградської області, як автомобільного транспорту, так об'єктів дорожнього господарства.

4. Розроблено розрахункову методику інвентаризації та верифікації викидів парникових газів, що дозволяє провести оцінку обсягів викидів парникових газів, що утворюються, в результаті експлуатації транспортних засобів з одночасним проведенням оцінки ефективності заходів спрямованих на скорочення викидів ПГ.

5. Результатами чисельних експериментів розглянуто та обґрунтовано найбільш ефективні заходи, спрямовані на зниження викидів ПГ від автомобільного транспорту та об'єктів дорожнього господарства для

Кіровоградської області на період з 2025 по 2030 роки. реалізація яких дозволить знизити викиди ПГ на 65%;

6. Впровадження заходів пов'язаних із зменшенням транзиту ТЗ через місто, розширення зон платного паркінгу, здатне призвести до зниження викидів ПГ на 112 тис. тонн CO₂-екв. Також вивчення впливу такого показника як впровадження екологічного зонування спрямованого на обмеження в'їзду ТЗ низького екологічного класу здатне призвести до зниження викидів ПГ на 52 тис. тонн CO₂-екв;

Реалізація цих заходів дозволить суттєво знизити антропогенний вплив на навколишнє середовище та призвести до сталого зниження обсягів викидів ПГ, що підтверджується проведеною верифікацією за допомогою методів інтелектуального аналізу (ступінь точності 95%).

7. Подальші дослідження доцільно проводити у сфері вдосконалення методів оцінки обсягів викидів ПГ та інтелектуального аналізу показників транспортної роботи для транспортних засобів, що працюють на альтернативних видах палива, з метою визначення найбільш ефективних механізмів, спрямованих на зниження викидів у транспортному секторі економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kotsiantis, S. B. Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. *Informatica*, 2007, № 31, pp. 249-268.
2. Kota, S. H., Zhang, H., Chen, G., Schade, G. W., Ying, Q. Evaluation of on- road vehicle CO and NO_x National Emission Inventories using an urban-scale source- oriented air quality model. *Atmospheric environment*. №85, pp. 99-108
3. Медведєва Ольга, Орел Роман, Екологічна оцінка ефективності заходів зниження парникових газів транспортною системою Кіровоградської області: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології агропромислового виробництва» (м. Кропивницький, 14-15 листопада 2024 р), ЦНТУ, 2024 С. 98-100.
4. Kononenko, I. Estimating attributes: analysis and extensions of RELIEF. In *European conference on machine learning*. Springer Berlin Heidelberg. 1994, № 4, pp.171-182.
5. Kira, K., Rendell, L. A. A practical approach to feature selection. In *Proceedings of the ninth international workshop on Machine learning*. 1992, № 2, pp. 249-256.
6. Kalousis, A., Prados, J., Hilario, M. Stability of feature selection algorithms: a study on high-dimensional spaces. *Knowledge and information systems*, 2007, Vol.12 (1), pp. 95-116.
7. King, M. A., Abrahams, A. S., Ragsdale, C. T. Ensemble methods for advanced skier days prediction. *Expert Systems with Applications*, 2014, № 41(4), pp. 1176- 1188.
8. Бєвз О.В., Магопець С.О., Матвієнко О.О. Вплив автомобільного транспорту на повітряний басейн міста Кіровограда. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2015, Вип. 28. С. 144-149..
9. Кноема. Crude Oil Price Forecast: Long Term 2017 to 2030 Data and Charts. [електронний ресурс] <https://knoema.com/uxrtpab/crude-oil-price->

forecast-long-term-2017-to-2030 data-and-charts.

10. Liu, H. B., Wang, Y., Chen, X., Han, S. Vehicle emission and near-road air quality modeling in Shanghai, China, based on taxi GPS data and MOVES revised emission inventory. *Transp Res Rec J Transp Res Board*, 2013 № 23, pp. 33-48.

11. Legates, D. R., McCabe, G. J. Evaluating the use of «goodness-of-fit» measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water resources research*. 2012, vol. 35(1), pp.233-241.

12. Lang, H. *Topics on Applied Mathematical Statistics*. KTH Teknikvetenskap, 2013, № 2, pp. 97.

13. Marland, G., Boden, T. A., Andres, R. J., Brenkert, A. L., Johnston, C. A. Global, regional, and national fossil fuel CO₂ emissions. *Trends: A compendium of data on global change*, 2013, Vol.2, pp.34-43.

14. Metz, B., Davidson, O. R., Bosch, P. R., Dave, R. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Change, 2007.

15. Manikandan, P., & Venkateswaran, C. J. Feature Selection Algorithms: Literature Review. *International Journal*, 2015, Vol. 5(3), pp.21.

16. Murata, A., Fujii, Y., Naitoh, K. Multinomial Logistic Regression Model for Predicting Driver's Drowsiness Using Behavioral Measures. *Procedia Manufacturing*, 2015, № 3, pp. 2426-2433.

17. McCulloch, W. S., Pitts, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 2023, Vol. 5(4), pp. 115-133.

18. Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., Lewis, A. Let a biogeography-based optimizer train your multi-layer perceptron. *Information Sciences*, 2019, № 269 , pp. 188-209.

19. Melin, P., Sánchez, D., Castillo, O. Genetic optimization of modular neural networks with fuzzy response integration for human recognition. *Information Sciences*, 2012, № 197, pp.1-19.

20. Maqsood, I., Khan, M. R., Abraham, A. An ensemble of neural networks for weather forecasting. *Neural Computing & Applications*, 2014, Vol. 13(2), pp. 112- 122.
21. Ma, C. C. Y., Iqbal, M. Statistical comparison of models for estimating solar radiation on inclined surfaces. *Solar Energy*, 1983, Vol. 31(3),– pp. 313-317.
22. Mashaly, A. F., Alazba, A. A. MLP and MLR models for instantaneous thermalefficiency prediction of solar still under hyper-arid environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, Vol. 122, pp. 146-155.
23. National Inventory Submissions. [электронный ресурс] http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/9492.php
24. Niu, X., Yang, C., Wang, H., Wang, Y. Investigation of ANN and SVM based on limited samples for performance and emissions prediction of a CRDI-assisted marine diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 2017, Vol. 111, pp. 1353-1364.
25. Newfoundland and Labrador. Climate Change Action Plan. [электронный ресурс] http://www.exec.gov.nl.ca/exec/occ/publications/climate_change.pdf
26. Opitz, D. W., Maclin, R. Popular ensemble methods: An empirical study. *J. Artif. Intell. Res. (JAIR)*, 1993, № 11, pp.169-198.
27. Parry, I., Veung, C., Heine, D. how much carbon pricing is in countries' own interests? the critical role of co-benefits. *Climate Change Economics*, 2015, № 6(04), pp. 155.
28. Prince Edward Island. Strategy for Reducing the Impacts of Global Warming. [электронный ресурс] http://www.gov.pe.ca/photos/original/env_globalstr.pdf
29. Park, H. An introduction to logistic regression: from basic concepts to interpretation with particular attention to nursing domain. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 2013, № 43(2), pp. 54-164.
30. Peng, C. Y. J., Lee, K. L., Ingersoll, G. M. An introduction to logistic

regression analysis and reporting. The journal of educational research, 2011 Vol. 96(1), pp. 3-14.

31. An ensemble based data fusion approach for early diagnosis of Alzheimer's disease. Information Fusion, 2011, № 9(1), pp. 83-95.

32. Black Carbon Symposium. November 14, 2012, № 1. pp. 18-21.

33. Particulate emission factors for mobile fossil fuel and biomass combustion sources / J.G. Watson, J.C. Chow, L.-W.A. Chen, D.H. Lowenthal, E.M. Fujita, H.D. Kuhns, D.A. Sodeman, D.E. Campbell, H. Moosmüller, D.Z. Zhu. Scientific Total Environment. 2011, № 11, pp. 121.

34. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing in Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / P. Forster, V. Ramaswamy, P. Artaxo et al. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007, № 7, pp. 87-96.

35. Rhode, H. A Comparison of the Contribution of Various Gases to the Greenhouse Effect. Science. 1990. № 248. pp. 1217-1219.

36. Магопець С.О., Бевз О.В. Дослідження можливості оцінки технічного стану системи випуску відпрацьованих газів на основі аналізу зміни параметрів тиску в циліндрі двигуна. Конструювання. Виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2015, вип. 45.Ч1, С.172-180.

37. Gates, D.M. Climate Change and Its Biological Consequences. Sunderland,MA: Sinauer Associates Publishers, Inc. 1993. 9 p.

38. Energy Information Administration, Emissions of Greenhouse Gases in the United States 1987-1994. Washington, DC. October 1995. 6 p.

39. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt,

40. M. Tignor, H.L. Miller. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007. 996 p.

41. Grossman, A.S., Wuebbles, D.J. Global Warming Potential for SF6 // UCRLReport. 1992. pp. 1-3.
42. Леськів Г.З., Верескля М.Р. Безпека життєдіяльності та охорона праці: навчальний посібник. Львів: 2018. 262 с.
43. Правила охорони праці на автомобільному транспорті: наказ МНС України від 09 липня 2012 р. № 964. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text> (дата звернення 23.11.2024).
44. Дейл Картер та ін. Вплив транспорту на зміну клімату та стратегії скорочення викидів. Transformative Mobility Alliance, 2020. TUMI
45. Курс на декарбонізацію: Екологічні політики та практика сталого розвитку в Україні. KPMG, 2020 KPMG Assets
46. Український науково-дослідний інститут екології. Наука технології інновації, №2(14), 2020, 44–53 с.
47. Мельник О.В. та ін.. Екологічна безпека транспорту. Київ: Наукова думка, 2019, 419 с..
48. Шидловський І.Г.. Скорочення викидів CO₂ у транспортному секторі: аналітичний підхід. Екологія та транспорт, 2021. С. 7-14.
49. Куліш А.В., Семенова М.С. Методики оцінки парникових викидів транспорту. Харків: Вища школа, 2018, С. 156-164.
50. Шевченко П.О.. Інноваційні технології у транспорті для зменшення викидів CO₂. Журнал екології, №12, 2019, С 4-11.
51. Синьоока Н.П.. Енергоефективність та зменшення парникових викидів у транспортному секторі. Дніпро: ДНУ, 2020, С. 211-223.
52. ОБСЄ. Дорожня карта сталого транспорту в Україні. 2021.
53. Нестеренко С.В. Інтегроване управління транспортними системами для зменшення впливу на клімат. Полтава: Технічний прогрес, 2022, С. 3-10.
54. Глобальний звіт про викиди парникових газів від транспорту. ООН, 2020.

55. Власенко Г.М. Екологічні наслідки транспортної діяльності в Україні. Львів: ЛНУ, 2019, С. 44-56.
56. Громадський простір сталого транспорту в містах. Програма сталого розвитку ООН, 2020.
57. Стратегія декарбонізації в транспортному секторі України. Київ: Міненерго, 2021.
58. Ткаченко В.М.. Екологічний моніторинг автотранспорту. Науковий вісник, 2021, С. 124-132.
59. Скорочення впливу автотранспорту на довкілля. Програма ЄС «Чисте довкілля», 2020.
60. Європейська комісія. Директиви щодо сталого транспорту. Брюссель: ЄС, 2020.
61. Стратегічна екологічна оцінка автотранспортних проектів. Київ: МОН України, 2021.
62. Асоціація транспортників України. Сталий транспорт: досвід та перспективи. Харків: АТУ, 2022, 512 с.