МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра геології та екології

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри,
к.т.н.
_____*С.М. Панова*
«___»_____20__ р.

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А
М А Г І С Т Е Р С Ь К А Р О Б О Т А
тема:

«ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ АВТОТРАНСПОРТУ В УМОВАХ МІСТА КРИВИЙ РІГ»

Здобувач(ка):
гр. ЕО-23м
Криворучко Дмитро Дмитрович

Керівник:
к.т.н., доцент
С.М. Панова

Кривий Ріг
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Кафедра геології та екології

Денна форма навчання
Другий (магістерський) рівень
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, кандидат технічних наук
_____С.М. Панова
«___» _____2024р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
КРИВОРУЧКО ДМИТРО ДМИТРОВИЧ

Тема роботи: «Дослідження інтенсивності забруднення атмосферного повітря викидами вихлопних газів автотранспорту в умовах міста Кривий Ріг»

Керівник роботи Панова Світлана Миколаївна
Доцент кафедри геології та екології, кандидат технічних наук
затверджені
наказом Криворізького національного університету від

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання літературних джерел	01.02.24-31.03.24	
2	Збіл експериментальних даних	01.04.24-31.08.24	
3	Систематизація отриманих результатів	01.09.24-15.10.24	
4	Написання пояснювальної записки	16.10.24-15.11.24	

Засвідчую, що у роботі запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань не використовується.

Здобувач(ка) _____ Д.Д. Криворучко

Керівник роботи _____ С.М. Панова

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота містить: 50 ст., 8 табл., 5 рис., 11 літературних джерел.

Мета роботи: визначити параметри забруднення атмосферного повітря пилом різної дисперсності для оцінки його впливу на оточуюче середовище та здоров'я населення.

Об'єкт дослідження: пил та газові викиди від автомобільного транспорту.

Предмет дослідження: рівень забруднення міста пиловими частками різної розмірності PM 2,5 та PM 10.

Перший розділ присвячений аналізу кількісних та якісних показників забруднення повітря міста Кривий Ріг за даними стаціонарних постів спостереження.

У другому розділі наведено дані щодо законодавчих та інших регламентних актів, які регулюють параметри стану атмосферного повітря уь країнах Європи та світу, а також в Україні.

У третьому розділі викладено відомості щодо різноманітних підходів та заходів, спрямованих на зменшення забруднення атмосферного повітря від впливу автотранспорту.

Четвертий розділ присвячений аналізу отриманих у результаті замірів даних щодо забруднення повітря м. Кривий Ріг пилом різної дисперсності поблизу автомобільних доріг з різною інтенсивністю руху.

Ключові слова: полютант, пил, автотранспорт, PM 2,5 та PM 10.

ЗМІСТ

ВСТУП…….5
РОЗДІЛ 1. СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. КРИВОГО РОГУ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ……..…….8
РОЗДІЛ 2. СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ……..……13
2.1. Вплив транспорту на довкілля в ЄС і Україні…….13
2.2. Реалізація програми «European Green Deal»……17
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ……24
3.1. Підвищення паливної економічності ДВЗ…….24
3.2. Застосування альтернативних двигунів……..……...29
3.3. Якість та склад паливно-мастильних матеріалів……...33
3.4. Рекомендації щодо зниження впливу автотранспорту на довкілля…….35
РОЗДІЛ 4. ПИЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ЗНИЖЕННЯ……..37
ВИСНОВКИ…….……..…48
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ…….…….49

ВСТУП

Забруднення повітря автотранспортом має ще більший вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення, ніж вважається зазвичай. По-перше, значна кількість автомобілів сконцентрована у густонаселених районах, таких як міста та промислові центри. По-друге, викиди автомобілів відбуваються в приземних шарах атмосфери, де проживають люди і де найгірші умови для їх розсіювання. По-третє, відпрацьовані гази містять висококонцентровані токсичні речовини, які є основними забруднювачами повітря. Ці шкідливі речовини можуть залишатися в атмосфері від десяти днів до півроку.

В автомобільних вихлопах міститься понад 200 токсичних хімічних сполук, більшість з яких – це вуглеводні. Через їхню різноманітність досліджуються лише найбільш поширені компоненти або їхні групи.

Окрім прямого впливу на людину, автомобільні викиди спричиняють непрямі наслідки. Підвищення рівня діоксиду вуглецю, який є природним компонентом атмосфери, сприяє глобальному потеплінню (парниковому ефекту). За словами експертів, це викликає природні катастрофи, такі як пожежі в Азії, Америці, Сибіру та повені в Європі.

Сполуки сірки й оксиди азоту, що містяться у вихлопах, утворюють кислоти, які випадають у вигляді кислотних дощів. Ці дощі шкодять водним екосистемам, руйнують будівлі та спричиняють корозію металів. Також оксиди азоту фарбують повітря в коричневий колір, а їхня взаємодія з аерозолями утворює смог, що погіршує видимість.

Оцінити кількісно шкідливі викиди від автотранспорту дуже складно. Це зумовлено тим, що автомобіль є мобільним джерелом, і процес виділення шкідливих речовин є нестабільним. До того ж в Україні немає обладнання, яке б дозволило проводити повноцінні екологічні дослідження таких об'єктів. Дані від українських виробників автомобілів суперечливі і не завжди достовірні, а

використання міжнародних показників є некоректним через технологічну відсталість транспорту радянського та пострадянського виробництва.

Основні причини підвищеного забруднення повітря автотранспортом включають:

- незадовільну якість палива;
- низькі технічні показники автомобільного парку.

Такі фактори продукують забруднення як безпосередньо (при неефективній роботі систем спалювання палива), так і опосередковано (надмірна витрата палива).

Щодо палива, основні проблеми полягають у низькому октановому числі більшості бензинів та недостатньому виробництві зимових сортів дизельного палива. Це призводить до підвищеного споживання палива і зниження ресурсу двигунів. Крім того, на ринку України значна частка бензину містить свинець, що є небезпечним. Після приватизації нафтового сектора контроль за якістю і кількістю нафтопродуктів був втрачений.

Для покращення екологічної ситуації в Україні пропонуються наступні кроки:

1. Забезпечити завчасне впровадження екологічних норм (за 3-4 роки), щоб автотранспортний сектор міг підготуватися.
2. Впроваджувати екологічні норми поступово, враховуючи різні об'єкти нормування та їхні показники.
3. Національну систему оцінки екологічних стандартів автотранспорту слід доповнити:
    - обмеженням викидів оксиду вуглецю та вуглеводнів для карбюраторних двигунів на холостому ходу (за зразком японської системи);
    - регламентацією викидів картерних газів та паливних випарів;
    - обмеженням димності вихлопних газів дизельних двигунів на холостому ходу.

Отже, актуальним продовжує залишатись питання оцінки кількості забрудників, що потрапляють у атмосферне повітря від автотранспорту. Особливу увагу при цьому заслуговує саме пил, що є потужною проблемою, особливо у таких промислових містах як Кривий Ріг.

Мета роботи: визначити параметри забруднення атмосферного повітря пилом різної дисперсності для оцінки його впливу на оточуюче середовище та здоров'я населення.

Завдання роботи:

1. Дослідити склад викидів, що утворюються від експлуатації автомобільного транспорту;

2. Проаналізувати дані щодо впливу на організм пилових часток різної дисперсності;

3. Оцінити сучасні підходи до вимірювання забруднення від автошляхів;

4. Визначити рівень пилового забруднення від автотранспорту в межах м. Кривий Ріг.

Об'єкт дослідження: пил та газові викиди від автомобільного транспорту.

Предмет дослідження: рівень забруднення міста пиловими частками різної розмірності PM 2,5 та PM 10.

РОЗДІЛ 1
СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. КРИВОГО РОГУ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

Атмосферне повітря – найважливіший природний ресурс, від якого в значній мірі залежить стан навколишнього середовища і здоров'я людини.

Оцінка стану забруднення атмосфери в містах України здійснюється за даними пунктів державної системи моніторингу.

За висновками Центральної геофізичної обсерваторії України ім. Бориса Срезневського у першому півріччі 2020 року оцінка стану та характеристик забруднення атмосфери проводилася у 39 найбільших містах України на 129 стаціонарних постах загальної державної системи моніторингу гідрометслужби.

У перші шість місяців 2020 року рівень забруднення атмосфери (за відповідністю до комплексного параметру – індексу забруднення атмосферного повітря) був оцінений як надто високий у м. Маріуполі. У десяти містах України рівень забруднення визначався як **високий** – це міста Запоріжжя, **Кривий Ріг,** Кам'янське, Київ, Одеса, Дніпро, Миколаїв, Херсон, Черкаси, Кременчук. Ще у 11-ти містах відмічався підвищений рівень, у 17-ти містах – низьке забруднення (Таблиця 1.1).

Порівняно з попередніми роками у шістнадцяти містах на зазначений відрізок часу спостерігалось зниження загального рівня забруднення (за показником індексу забруднення атмосфери ІЗА). У Кривому Розі зниження показників забруднення атмосфери за ІЗА складає 5% (станом на 2019 рік – 12,7, станом на перше півріччя 2020 року – 12,0).

Високий рівень забруднення повітря у Кривому Розі здебільшого обумовлений високими середньодобовими та максимально-разовими концентраціями промислового та автомобільного пилу, діоксиду азоту та формальдегіду в атмосфері (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.1. Комплексний індекс атмосферного забруднення повітряного середовища міст України січень-червень 2020 року

№ з/п	*Місто*	*ІЗА*	*№ з/п*	*Місто*	*ІЗА*	*№ з/п*	*Місто*	*ІЗА*
1.	Маріуполь	14,3	14.	Львів	6,5	27.	Житомир	4,0
2.	Кам'янське	13,1	15.	Луцьк	6,4	28.	Біла Церква	4,0
3.	Одеса	13,0	16.	Суми	5,9	29.	Обухів	3,9
4.	Дніпро	12,4	17.	Рубіжне	5,9	30.	Чернівці	3,8
5.	**Кривий Ріг**	12,0	18.	Рівне	5,3	31.	Українка	3,6
6.	Київ	9,5	19.	Лисичанськ	5,0	32.	Бровари	3,5
7.	Миколаїв	8,3	20.	Слов'янськ	5,0	33.	Олександрія	3,4
8.	Херсон	7,8	21.	Ужгород	5,0	34.	Івано-Франківськ	3,4
9.	Черкаси	7,8	22.	Хмельницький	5,0	35.	Чернівці	3,3
10.	Запоріжжя	7,7	23.	Сєвєродонецьк	4,8	36.	Харків	3,1
11.	Кременчук	7,1	24.	Полтава	4,2	37.	Світловодськ	2,8
12.	Краматорськ	6,8	25.	Кропивницький	4,1	38.	Ізмаїл	2,8
13.	Вінниця	6,7	26.	Тернопіль	4,0	39.	Горішні Плавні	1,4

Також спостерігається тенденція до скорочення концентрацій пилу в повітрі. У 2019 році в порівнянні з 2015 роком кількісні показники пилу в повітрі зменшилися в 2 рази (з 0,8 мг/м^3 до 0,4 мг/м^3), за перші шість місяців 2020 року вміст пилу у атмосфері складав 0,35 мг/м^3.

Таблиця 1.2. Усереднені і максимальні концентрації полютантів у атмосфері міст України січень-червень 2020 року (у кратності ГДК)

Речовина	*Місто*	*Середня за І півріччя концентрація*	*Місто*	*Максимальна з разових концентрацій*
1	2	3	4	5
Завислі речовини (пил)	**Кривий Ріг**	**2,3**	**Кривий Ріг**	**3,8**
	Кам'янське	2,0	Краматорськ	3,4
	Дніпро Суми	2,0 1,8	Горішні Плавні Маріуполь	3,3 3,0

Речовина	*Місто*	*Середня за І півріччя концентрація*	*Місто*	*Максимальна з разових концентрацій*
1	2	3	4	5
Діоксид сірки	Київ	1,5	Перевищень ГДК не зафіксовано	
Оксид вуглецю	Кам'янське Одеса	1,1 1,1	Слов'янськ Краматорськ	4,4 2,0
	Рубіжне	1,1	Одеса	1,9
Діоксид азоту	Херсон	3,3	Київ	4,6
	Вінниця	2,9	Краматорськ	4,5
	Київ	2,9	Вінниця	2,6
	Житомир	2,5	Херсон	2,2
	Дніпро	2,3	**Кривий Ріг**	**2,0**
	Біла Церква	2,3	Кременчук	1,9
	Чернігв Обухів	2,3 2,3	Обухів Житомир	1,8 1,8
Оксид азоту	Херсон Київ	1,5 1,2	Київ	1,1
Сірководень	Кам'янське	0,007 мг/м^3	Дніпро	2,6
	Запоріжжя	0,003 мг/м^3	Рівне	2,0
Фенол	Кам'янське	2,7	Слов'янськ	4,1
	Запоріжжя	2,1	Краматорськ	3,4
	Київ Луцьк	1,7 1,6	Кам'янське Київ	2,8 2,2
Сажа	Одеса Олександрія	1,0 1,0	Одеса Олександрія	1,3 1,3
Фтористий	Вінниця	1,0	Чернівці	2,6
водень	Одеса	1,0	Слов'янськ	1,8
Хлористий	Перевищень ГДК не зафіксовано		Чернівці	3,4
водень			Рівне Київ	1,6 1,3
Аміак	Кам'янське Черкаси	1,5 1,3	Черкаси Кам'янське	2,8 1,1
Формальдегід	Маріуполь	6.2	Краматорськ	3,1
	Кривий Ріг	**4.9**	**Маріуполь**	**2,5**
	Одеса	4.7	Кривий Ріг	1,9

Речовина	*Місто*	*Середня за І півріччя концентрація*	*Місто*	*Максимальна з разових концентрацій*
1	2	3	4	5
	Дніпро	4.2	Черкаси	1,7
	Миколаїв Кам'янське Кременчук Черкаси	4.0 3.1 3.0 2.8	Вінниця Миколаїв Кременчук Полтава	1,3 1,3 1,3 1,3

Зменшенню показників вмісту пилу та інших забруднюючих речовин в атмосфері сприяє постійний контроль з боку органів міського врядування та представників екологічних громадських організацій за виконанням у відповідні терміни промисловими підприємствами Кривого Рогу заходів Міської програми, спрямованої на вирішення екологічних проблем міста Кривого Рогу та оптимізації стану НПС на 2016-2025 роки (надалі – Міська екологічна програма).

Пріоритетними галузями означеної програми, за якими відбувається контролювання показників є:

- оптимізація та оновлення установок з газоочищення, виключення з експлуатації морально та фізично застарілого обладнання, що не відповідає передовим екологічним стандартам галузі;
- зниження викидів полютантів при здійсненні масових вибухів на території гірничо-видобувних кар'єрів;
- впровадження модернових «зелених» технологій пилопригнічення в умовах техногенних ландшафтів – хвостоховищ, відвалів;
- впровадження та розбудова системи постійного спостереження та моніторингу за станом і забрудненням атмосферного повітря міста.

Завдяки виконанню комплексу сучасних заходів із охорони атмосферного повітря при виконанні масових вибухів у кар'єрах з початку року вдалося попередити надходження у повітря міста понад 5 тис. тон полютантів.

З метою скорочення потужності впливу на довкілля промислових об'єктів міста проводяться випробування із залученням місцевих та державних науково-дослідних установ та організацій та впроваджуються новітні екологічно спрямовані технології боротьби з пиловим засміченням; для закріплення пилових поверхонь техногенних об'єктів, використовуються відповідні високоефективні полімерні зв’язуючі речовини. Проведення таких заходів у період з 2017 по 2020 роки дозволило закріпити поверхні хвостосховищ підприємств та відвалів на загальній площі понад 220 га.

Позитивним змінам у питанні поліпшення якості атмосферного повітря у Кривому Розі сприяє оптимізація та розбудова системи постійного моніторингу за станом та якістю повітря у місті.

На сьогодні у Кривому Розі моніторинг стану та якості повітря здійснюється з використанням:

- загальноміської інтегральної системи моніторингу;
- інструментальних та лабораторних досліджень стану та якості повітря.
- мобільної станції екологічного контролю КП «Центр екологічного моніторингу» облради Дніпропетровщини.

Усі матеріали щодо виявлених фактів перевищень концентрацій полютантів постійно та своєчасно направляються до органів контролю – Державної екологічної інспекції, Головного управління Держпродспоживслужби.

Окрім розвинутої промисловості потужний вплив у забруднення атмосферного повітря міста Кривий Ріг вносить транспорт, зокрема автомобільний. Втім, частку його у загальній масі забруднень встановити практично неможливо. Тому актуальним є вимірювання загального рівня забруднення у місцях концентрації автомобільного транспорту.

РОЗДІЛ 2
СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

2.1. Вплив транспорту на довкілля в ЄС і Україні.

У непромислових містах країни до пандемії COVID-19 близько 90% шкідливих атмосферних викидів надходило від автомобільного та інших видів транспорту. Хімічні сполуки кисню з продуктами згоряння бензину, дизелю та інших горючих видів палива є однією з провідних причин виникнення у населення серцево-судинних і респіраторних розладів, що з часом спричинюють хронічні та гострі захворювання. Окрім власне забруднення повітря, автомобільний транспорт також відповідальний за майже 12% утворення парникових газів на території Україні, що викликають зміни кліматичних показників. У економічно потужних, розвинутих країнах з вищим значенням ВВП питома частка викидів від автомобільного транспорту є значно більшою, тому подальший економічний розвиток нашої країни може викликати зростання чисельних показників подібних викидів.

На території Європейського союзу транспорт генерує приблизно чверть усіх типів викидів парникових газів, з яких майже 71,7% належить до викидів, зпродукованих звичайними автомобілями, а саме – легкові автомобілі, вантажні автівки, автобуси, спеціальна та промислова техніка, військова техніка тощо. У той самий час транспорт у містах є важливим важелем для досягнення територією кліматичної нейтральності. Хоч цей сектор господарської діяльності людини не може бути повністю нейтральним по відношенню до забруднення середовища та кліматичного впливу, оскільки так чи інакше продукує викиди, а не утилізує їх, він має потужний потенціал для майбутнього суттєвого скорочення викидів за рахунок екологізації виробництва та експлуатування. Це потребує належної законодавчої підтримки та державних цілей.

Динаміка забруднень в Україні та ЄС.

Коли в стратегіях розвитку згадуються викиди, особливо від транспорту, найчастіше маються на увазі парникові гази, а не забруднювальні речовини. Хоча джерела цих викидів схожі, їхні наслідки різні. Парникові гази сприяють зростанню концентрації вуглекислого газу в атмосфері та накопиченню тепла, що веде до зміни клімату. Це призводить до хвиль спеки, посух, надлишкових опадів, а також підняття рівня океану і затоплення прибережних зон.

Забруднення повітря, з іншого боку, має безпосередній вплив на здоров'я людей і живих організмів, спричиняючи загострення серцево-судинних та респіраторних захворювань. Дослідження показують, що жителі міст з високим рівнем забруднення повітря важче переносять COVID-19 і мають вищий рівень смертності.

За даними Світового банку, транспортний сектор в Україні відповідає за 40% забруднення повітря. У 2002 році рівень забруднення повітря перевищив національні стандарти в найбільш густонаселених і промислово розвинених містах країни. Незважаючи на жорсткіші стандарти якості повітря в Україні порівняно з рекомендаціями ВООЗ, майже всі великі міста їх перевищують.

Оскільки кількість транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння продовжує зростати, якість повітря в українських містах погіршується.

Кроки ЄС щодо зменшення викидів від транспорту.

Для вирішення згаданих екологічних проблем Європейський Союз активно працює над скороченням викидів шляхом відмови від викопного палива та розбудови сталої транспортної інфраструктури. ЄС прагне знизити викиди від транспорту на 90% та досягти кліматичної нейтральності континенту до 2050 року.

У рамках Європейського Зеленого курсу визначено 10 основних цілей, що викладені в Стратегії сталої та розумної мобільності.

До 2030 року:

1. На європейських дорогах експлуатуватиметься щонайменше 30 млн транспортних засобів з нульовим рівнем викидів.
2. Щонайменше 100 європейських міст стануть кліматично нейтральними.
3. Кількість поїздок швидкісними залізницями зросте вдвічі.
4. Міжміські подорожі до 500 км в ЄС стануть кліматично нейтральними (не на літаках).
5. Автоматизація автомобілів та їх переміщення досягне максимально можливого рівня.
6. З'являться транспортні судна з нульовим показником забруднення НПС, що будуть доступні для вільного продажу.
7. До 2035 року мають також з'явитись транспортні та пасажирські літаки з високою перевізною здатністю та великим об'ємом вантажу, які будуть володіти нульовим рівнем утворення викидів. Ці технології також будуть доступні для відкритого продажу.
8. До 2050 року необхідно забезпечити перехід всіх автомобілів, а також переважної більшості вантажівок, автобусів та інших типів потужної та важкої техніки на нульовий рівень атмосферних викидів.
9. Обсяги вантажних перевезень залізницею зростуть удвічі.
10. Кількість поїздок швидкісними залізницями збільшиться втричі.

Ці амбітні цілі спрямовані на створення екологічно безпечної транспортної системи та боротьбу зі зміною клімату.

Ці цілі ЄС є надзвичайно важливими і для України, яка має значний потенціал для розвитку екологічно дружнього транспорту. Розвиток громадського транспорту, велосипедної інфраструктури, залізничних і водних перевезень як для пасажирів, так і для вантажів – усе це може стати орієнтиром для українських міст та уряду.

Україна вже перебуває на етапі створення стимулів для електромобільності безпосередньо через реалізацію зниження оподаткування на процедуру імпорту електромобілів. Тепер українському уряду та виробникам бажано зосередитися на розбудові розгалуженої та доступної

мережі електрозарядних станцій, а також створення програм лояльності для використання електровелосипедів та електросамокатів.

Українська транспортна мережа поступово інтегрується в Транс'європейську транспортну мережу TEN-T, що є складовою частиною Європейської стратегії мобільності. Це вимагає розробки Планів та програм сталого розвитку мобільності для українських крупних міст, що є ключовим кроком на шляху до підвищення комплексної ефективності та екологічності автомобільного транспорту.

Україна має на меті досягти повної кліматичної нейтральності у період до 2060 року, відповідно транспортний сектор у цьому питанні буде грати ще більш важливу роль. Однак, нинішнє положення розвитку транспортних систем в Україні далеко не повністю відповідає поставленій меті зменшення викидів ключових парникових газів. За запропонованими прогнозами Міністерства захисту довкілля, за період до 2030 року частка завезених до країни електромобілів у загальній кількості від усіх легкових авто може скласти всього лише 3%. Втім, це зростання у перспективі може виявитися значнішим, якщо разом із тим врахувати прогноз Transport & Environment, що говорить про те, що до 2026 року електромобілі майже зрівняються в середній ціні з автомобілями, побудованими на двигунах внутрішнього згорання та стануть значно доступнішими. Це відкриє для України можливість встановлювати значно більш амбітні та перспективніші цілі щодо збільшення середньої частки екологічно нейтральних електромобілів.

Україна має всі передумови для прискорення переходу до сталої транспортної системи, враховуючи досвід і рекомендації ЄС.

В огляді Міндовкілля пропонуються кілька важливих ініціатив для скорочення викидів, хоча вони поки що не стали офіційними планами уряду. До них належать:

- Запровадження плати за реєстрацію автомобіля залежно від рівня викидів забруднюючих речовин та парникових газів.

- Введення щорічного екологічного податку на авто з двигунами внутрішнього згоряння.
- Розробка планів сталої міської мобільності.

Однак цього недостатньо для реального скорочення викидів у транспортному секторі. Щоб досягти суттєвих результатів, у другий Національно-визначений внесок (НВВ2) слід включити такі цілі, особливо за умови використання електротранспорту, що працює на відновлюваних джерелах енергії:

1. **Збільшити частку міських поїздок громадським транспортом до понад 50%**, а в містах, де цей показник вже досягнутий, утримувати його і не допускати зниження нижче 35%. Важливо зосередитися на електротранспорті (трамваї, тролейбуси, електробуси), поступово виводячи маршрутки на дизелі.
2. **Зменшити частку поїздок приватними авто в містах до 10%** і стимулювати їх заміну на електромобілі.
3. **Збільшити використання велосипедів, самокатів та інших засобів мікромобільності** до 10-20%, залежно від розміру міста.
4. **Розвивати інфраструктуру для пішоходів**, включаючи наземні переходи, занижені бордюри, концепцію “центр поруч з домом”, багатофункціональні квартали для полегшення пішохідного руху.
5. **Перевести 75% наземних вантажних перевезень на залізницю**, особливо з огляду на електрифікацію залізничних колій, яка робить цей транспорт найбільш екологічним. Станом на 2018 рік частка вантажних перевезень залізницею в Україні знизилася до 51,6% із 60% у 2010 році.
6. **Збільшити рівень електрифікації залізниць до 70% до 2030 року** (нині 47,2%).
7. **Відмовитися від способу опалення пасажирських залізничних вагонів за допомогою кам’яного вугілля**.
8. **Збільшити обсяг перевезення пасажирів та вантажів залізницею до 15%**.

Поставлені таким чином завдання можуть суттєво прискорити досягнення Україною кліматичної нейтральності вже у період до 2050 року. Крім того, планована нова інфраструктура держави повинна враховувати перспективні неминучі зміни загального клімату планети та необхідність налагодження адаптації до них.

Запровадження таких цілей стане важливим кроком на шляху до екологічно сталого розвитку транспорту в Україні та допоможе наблизити її до стандартів ЄС.

2.2. Реалізація програми «European Green Deal».

Стратегія сталої і розумної мобільності ЄС, видана у грудні 2020 року, є ключовим документом, який передбачає радикальні зміни в європейській транспортній системі. Метою цієї стратегії є скорочення викидів транспорту на 90% до 2050 року та підвищення стійкості міст до майбутніх криз.

Основні напрямки Стратегії сталої мобільності ЄС:

1. **Перехід на транспорт із нульовими викидами** – не тільки електротранспорт, але й розвиток велосипедної та мікромобільної інфраструктури.
2. **Використання відновлюваної енергії** для живлення транспорту.
3. **Переведення вантажних перевезень** на більш екологічні засоби – залізничний і водний транспорт.
4. **Прискорений вихід на ринок електричних вантажівок, літаків та суден.**
5. **Жорсткіше оподаткування** викидів вуглецю та забруднюючих речовин згідно з принципом "забруднювач платить".
6. **Цифровізація транспортних послуг** для зменшення викидів, зокрема через швидкі мультимодальні системи вантажних і пасажирських перевезень.
7. **Єдиний квиток на громадський транспорт** та синхронізація приміських і міських сполучень для економії часу на пересадках.

8. **Справедлива мобільність**, яка передбачає доступність транспорту для маломобільних осіб та людей з інвалідністю.
9. **Підвищення безпеки руху**, боротьба з трьома основними чинниками смертельних ДТП: перевищення швидкості, вживання алкоголю та розсіяне водіння. До 2050 року ЄС прагне знизити смертність на дорогах до нуля.

Україна вже підтримала Європейську зелену угоду та висловила наміри щодо скорочення викидів, зокрема в транспортному секторі. Міністерство інфраструктури України також бере до уваги Стратегію сталої і розумної мобільності ЄС. Для досягнення цілей Green Deal можна виокремити дії на **національному** та **місцевому** рівнях.

На національному рівні:

- Розробка та прийняття законодавчих ініціатив щодо стимулювання електромобільності та створення сприятливих умов для її розвитку.
- Інвестування в розвиток залізничної інфраструктури та збільшення частки електрифікованих залізниць.
- Підтримка використання відновлюваної енергії для транспортних потреб.

На місцевому рівні:

- Розробка Планів сталої міської мобільності, які передбачають розвиток екологічно чистого громадського транспорту, велосипедної та пішохідної інфраструктури.
- Стимулювання використання електротранспорту, самокатів, велосипедів у міських перевезеннях.
- Підтримка мікромобільності та впровадження систем єдиного квитка для спрощення пересадок між різними видами транспорту.

Запровадження цих заходів дозволить Україні ефективніше інтегруватися в європейську транспортну політику та сприятиме досягненню кліматичної нейтральності до 2050 року.

Цей план розвитку громадського, велосипедного та пішохідного транспорту пропонує всебічні кроки для покращення міської мобільності та зниження викидів, відповідаючи на потреби сучасних міст і стимулюючи перехід до екологічно чистого транспорту.

Розвиток громадського транспорту:

1. **Модернізація та електрифікація**: Пріоритет надається переведенню громадського транспорту на електричну тягу (трамваї, тролейбуси, тролейбуси з автономним ходом). Це допоможе зменшити викиди і підвищити енергоефективність.
2. **Трамвай як пріоритет**: Трамвай є найбільш ефективним видом транспорту і повинен бути в центрі уваги, а там, де неможливо його збудувати, слід запроваджувати смуги для громадського транспорту для уникнення заторів.
3. **Оптимізація маршрутів**: Упорядкування маршрутів для скорочення часу на пересадки та підвищення зручності для пасажирів.
4. **Плани сталої міської мобільності**: Міста, розташовані на вузлах Транс'європейської транспортної мережі, повинні впроваджувати стратегії мобільності, які враховують екологічні цілі.
5. **Включення залізниці**: Використання міських залізничних перевезень для зменшення навантаження на наземний транспорт і скорочення викидів.
6. **Приміські залізничні перевезення**: Організація залізничного сполучення з передмість до міст із робочими місцями та інтеграція його з міським транспортом.
7. **Єдиний квиток**: Впровадження єдиного квитка на всі види транспорту з можливістю використання для поїздок протягом певного часу.
8. **Електронна оплата проїзду**: Перехід на безпаперові форми оплати.
9. **Точність розкладу**: Транспорт повинен прибувати вчасно, а інформація про розклад має бути доступна як онлайн, так і на зупинках.

10. **Безпечні зупинки**: Зупинки мають бути комфортними, з освітленням і захистом від негоди.
11. **Прокат електромобілів**: Розвиток систем прокату електромобілів.

Розвиток велосипедного транспорту та мікромобільності:

1. **Концепція розвитку велоінфраструктури**: Створення стратегії розвитку велосипедної інфраструктури, що враховує реальні потреби міста.
2. **Безпечна велосипедна мережа**: Будівництво зрозумілої, розгалуженої та безпечної велоінфраструктури на ключових міських магістралях.
3. **Прокат велосипедів та самокатів**: Розширення мереж прокату велосипедів та електросамокатів.
4. **Заохочення використання велосипедів**: Стимулювання велосипедного руху серед туристів, офісних працівників і жителів міста через велопоїздки на роботу.

Розвиток пішохідного руху:

1. **Занижені бордюри**: Всі бордюри на перехрестях повинні бути занижені та позначені тактильною плиткою для людей з інвалідністю.
2. **Наземні переходи**: Підземні переходи повинні бути доповнені наземними регульованими переходами.
3. **Якісне освітлення**: Освітлення тротуарів, пішохідних переходів і площ у нічний час для підвищення безпеки.
4. **Платне паркування**: Впровадження платного паркування та заборона паркування на тротуарах для забезпечення вільного пересування пішоходів.

Ці заходи спрямовані на підвищення екологічності та доступності міського транспорту, створення безпечного і зручного середовища для пішоходів та велосипедистів, а також зменшення залежності від приватних автомобілів. Це важливий крок для досягнення кліматичної нейтральності та поліпшення якості життя у містах України.

Підвищення безпеки руху:

1. **Конструктивні елементи заспокоєння руху**: Використання інфраструктурних рішень, таких як антикишені, підвищені наземні переходи, «берлінські подушки», шикани, щоб знизити швидкість транспорту і підвищити безпеку.
2. **Камери фіксації порушень**: Встановлення камер для контролю за перевищенням швидкості, використанням смуг громадського транспорту та іншими порушеннями ПДР.
3. **Контроль за нелегальним паркуванням**: Забезпечення контролю за паркуванням, особливо в місцях, де це створює небезпеку (на перехрестях, біля пішохідних переходів).
4. **Аналіз і публікація даних про ДТП**: Збір і оприлюднення інформації про ДТП за участі пішоходів, велосипедистів та інших вразливих учасників руху для подальшого аналізу і підвищення безпеки.

На національному рівні:

1. **Система обрахунку вуглецевого сліду**: Розробка прозорої системи автоматичного підрахунку вуглецевого сліду для різних видів транспорту з публікацією цих даних.
2. **Принцип "забрудник платить"**: Впровадження податків на купівлю та утримання автомобілів залежно від рівня їхніх викидів: дорожче для машин із високими викидами, дешевше для тих, що мають низькі або нульові викиди.
3. **Відновлення державного техогляду**: Повернення обов’язкового технічного огляду для забезпечення екологічних і технічних стандартів транспорту.
4. **Утилізація старих автомобілів**: Розробка програми для утилізації застарілих автомобілів, щоб вивести з обігу техніку, яка найбільше забруднює довкілля.
5. **Моніторинг викидів**: Створення системи збору даних про викиди від пересувних джерел забруднення в кожному регіоні для регулярного моніторингу та аналізу.

6. **Розвиток мережі зарядних станцій**: Будівництво інфраструктури для зарядки та заправки машин із нульовими викидами.
7. **Дослідження та інновації**: Підтримка наукових досліджень у сфері автоматизованого транспорту, мультимодальних перевезень і безпеки руху через університети та наукові інститути.
8. **Мультимодальні транспортні рішення**: Створення умов для поїздок між містами з єдиним квитком на декілька видів транспорту і пропозиція безкоштовного користування міським транспортом у день поїздки.
9. **Електрифікація залізниць**: Збільшення частки електрифікованих залізничних колій до 70% до 2030 року (зараз — близько 50%).
10. **Сприяння інтеграції з європейською мережею залізниць**: Розвиток двоколійних ділянок на прикордонних територіях для покращення транспортного сполучення з ЄС.
11. **Перехід на екологічне опалення вагонів**: Відмова від використання вугілля для опалювання пасажирських вагонів.
12. **Розвиток вантажного транспорту з нульовими викидами**: Підтримка розвитку екологічно чистого вантажного транспорту та участь у програмах ЄС у цій сфері.
13. **Підтримка велосипедної інфраструктури**: Запровадження системи співфінансування з боку держави для створення велоінфраструктури в містах.
14. **Скасування оподаткування для сталих видів транспорту**: Відміна податків на запчастини та елементи, необхідні для виробництва і ремонту екологічних видів транспорту, таких як велосипеди.

Ці кроки на національному рівні можуть сприяти скороченню викидів, підвищенню безпеки на дорогах та розвитку сталої транспортної системи в Україні, що відповідає цілям Європейського зеленого курсу.

РОЗДІЛ 3
МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ

3.1. Підвищення паливної економічності ДВЗ.

Карбюраторні двигуни.

Економія палива в двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) тісно пов'язана з підвищенням їх екологічної ефективності, що включає зменшення викидів токсичних речовин в атмосферу. Підвищення ефективності роботи двигуна досягається завдяки використанню різних пристроїв у карбюраторах, таких як обмежувач розрідження, економайзер примусового холостого ходу та електронна система керування подачею пального.

Застосування обмежувача розрідження дозволяє практично звести нанівець викиди монооксиду вуглецю (CO), але при цьому може збільшитися викид вуглеводнів (CmHn) через накопичення паливної плівки у впускному трубопроводі, яка надходить у циліндри й виходить у вихлопну систему в незгорілому вигляді. Однак обмежувач розрідження допомагає зменшити споживання моторної оливи, утворення сажі та усуває шум у глушнику.

Електронна система управління економайзером примусового холостого ходу знижує споживання пального та токсичність вихлопних газів шляхом відключення подачі палива в примусовому режимі холостого ходу. Це відбувається, коли двигун гальмує, а дросельна заслінка закрита. У звичайному режимі без цієї системи пальне продовжує споживатися навіть при підвищеній швидкості колінчастого валу.

Електронний контроль створення робочої суміші. Більшість сучасних карбюраторів оснащені електронною системою керування, яка підтримує оптимальний склад паливно-повітряної суміші залежно від умов роботи двигуна. Це сприяє покращенню ефективності двигуна та знижує викиди забруднювальних речовин до 5%.

Удосконалення процесу змішування пального також є важливим для підвищення ефективності двигуна, зниження токсичності вихлопних газів і покращення динамічних якостей автомобіля. Необхідно враховувати різні режими роботи двигуна, щоб забезпечити оптимальне змішування палива з повітрям.

Для покращення згоряння паливно-повітряної суміші можна використовувати активаційні добавки, які розширюють межі стабільного займання та прискорюють процес окислення на різних стадіях згоряння.

Каталізатори активно застосовуються для покращення процесів згоряння пального. З часом двигун втрачає потужність, збільшується витрата палива та кількість шкідливих викидів, що потребує технічного обслуговування для відновлення його належної роботи. Оптимізація процесу згоряння дозволяє підвищити ефективність двигуна та зменшити кількість токсичних речовин у вихлопних газах. Висока ефективність каталітичних матеріалів досягається при використанні високолегованих сплавів алюмінію з кремнієм, які формуються у спеціальних електролітах.

Також перспективним є додавання водню до палива. Дослідження показали, що при змішуванні бензину з 5% водню, двигун зберігає свою потужність на рівні стандартного, одночасно зменшуючи споживання палива та викиди вуглецю й вуглеводнів. Водень значно прискорює процес згоряння та покращує стабільність запалювання, що підвищує загальну ефективність роботи двигуна.

На базі моніторингових досліджень останніх кількох років вченими визначено, що внесення H2/O2 призводить до збільшення оптимальної теплової ефективності (ККД). Дослідниками було встановлено, що додавання H2/O2 знижує кількість палива яке використовується двигуном у всіх наявних режимах дії. Зниження викидів вуглецю у сполуках CH, CO_2 і CO було відмічено внаслідок більш якісного згоряння, тоді як викиди оксиду азоту NOx збільшилися у результаті підвищення перепаду температури, яка була досягнута при спалюванні.

Проте використання у якості палива водню характеризується певним чином обумовленою низкою обмежень, таких як в перше чергу безпечність зберігання, а також відсутність компактних портативних водневих генераторів які б характеризувались високим ККД тощо. Внаслідок цього завжди актуальним є удосконалення способів заміни самого водню на більш дешевий та безпечний газ, виробництво якого було б значно простішим і дешевшим, з можливістю його видобутку у великих масштабах, компенсуючи таким чином масові потреби людства.

Протягом тривалого часу двигуни внутрішнього згоряння на бензині, що потребують приготування паливно-повітряної суміші для різних режимів роботи, здебільшого використовували карбюраторну систему. Однак ця система не досягла бажаного рівня досконалості, оскільки традиційні методи вдосконалення карбюраторних двигунів майже вичерпали свій потенціал. У пошуках альтернативи карбюраторним системам живлення варто звернути увагу на електронні системи впорскування бензину, які почали активно впроваджуватися з 90-х років минулого століття. Відповідно до даних, 76% легкових автомобілів, вироблених у 1995 році, вже були оснащені такими системами. З часом вони практично повністю витіснили карбюраторні системи. В Україні виробництво двигунів з карбюраторами припинилося з 1 червня 2006 року.

Сьогодні більшість автомобільних двигунів оснащені системами з мікропроцесорним керуванням подачею палива та електронною системою запалювання. Основні причини популярності інжекторних систем полягають у підвищеній економії палива та зниженні токсичності вихлопних газів. Використання таких систем із точним дозуванням палива для кожного циліндра на будь-якому режимі роботи двигуна дозволяє збільшити потужність двигуна на 10–30% і зменшити витрату палива на 20–30%.

Дизельні двигуни.

Одним із ключових чинників виникнення токсичних речовин під час згоряння вуглеводневого пального в циліндрах дизельних двигунів є

утворення сажі, яка є головним шкідливим компонентом вихлопних газів. На процес займання дизельного палива впливають кілька факторів: кут впорскування пального форсунками, стан циліндричних деталей двигуна, якість дизельного палива та циклічний обсяг подачі пального. Збільшення обсягу впорскування пального для підвищення потужності двигуна змінює співвідношення палива і повітря в суміші, що призводить до подовження процесу згоряння і збільшення кількості неокиснених вуглеводнів та сажі у вихлопних газах, підвищуючи задимленість.

Існує пряма залежність між рівнем задимленості вихлопу та вмістом сажі в ньому. Цей принцип лежить в основі роботи діагностичних пристроїв для систем живлення дизельних двигунів. Для зменшення димності та підвищення ефективності дизельних двигунів з турбонаддувом у перехідних режимах та під час розгону (коли тиск наддуву недостатній, а обсяг поданого палива перевищує кількість доступного повітря, що спричиняє неповне згоряння), використовується обмежувач димлення.

Обмежувач димлення, який встановлюється на задній панелі регулятора паливного насоса високого тиску, функціонує за допомогою тиску наддуву. Використання дизельного палива з високим цетановим числом, що вказує на його здатність до самозаймання, сприяє інтенсифікації процесу згоряння і зменшує викиди оксидів азоту (NOx). Чим більше легких фракцій у паливі, тим менший рівень задимлення та викидів NOx. Присадки до палива також допомагають знизити кількість твердих частинок сажі та оксидів азоту. Наприклад, додавання барієвих сполук (1% присадок) може знизити рівень сажі у вихлопних газах на 70-80%.

Крім того, для зменшення шкідливих викидів використовуються нейтралізатори. Однак поліпшення екологічних характеристик дизельних двигунів стикається з певними труднощами: заходи, спрямовані на зниження викидів NOx, зазвичай підвищують рівень твердих частинок. Ефективність нейтралізаторів знижується через велику кількість сажі, кисню у вихлопі та низьку температуру вихлопних газів. Як і в бензинових двигунах,

рециркуляція вихлопних газів у дизелях застосовується для зниження викидів NOx, особливо в автомобілях без наддуву.

Для дизельних двигунів легкових автомобілів широко використовуються каталітичні окислювальні нейтралізатори, оскільки температура вихлопних газів достатня для окислення CO, вуглеводнів (CmHn) та розчинних органічних частинок, але недостатня для утворення великої кількості сульфатів. При температурі вище 300°C концентрація CO знижується на 85-90%, а вуглеводнів – на 75-80%. Використання стартових нейтралізаторів у режимах пуску і прогріву також сприяє зниженню викидів NOx. Однак звичайні трикомпонентні нейтралізатори неефективні для зменшення викидів NOx у дизельних двигунах.

Високу ефективність використання палива можна досягти завдяки гібридним газодизельним і дизельно-газовим двигунам. Дизельно-газові двигуни дозволяють працювати як на дизельному, так і на газовому паливі. Газодизельні двигуни, призначені для використання дизельного палива з додаванням газу, не здатні працювати виключно на газі. При цьому, газодизельний двигун не поступається дизельному за потужністю і дозволяє заощадити до 80% дизельного палива.

Таким чином, основними напрямками підвищення ефективності двигунів є:

- Розробка нових типів двигунів, які забезпечать мінімальне споживання палива з мінімальним впливом на довкілля.
- Використання спеціальних технологій і модернізація систем запалювання та живлення для зменшення викидів і поліпшення процесу згоряння.
- Створення двигунів з новими робочими процесами, що дозволять використовувати паливо, яке не містить нафти.
- Застосування електронних систем регулювання складу паливної суміші з функцією зворотного зв'язку.

- Впровадження засобів примусового відключення подачі палива на холостому ходу, використання турбонадуву, добавок до моторних масел, збільшення крутного моменту на низьких обертах колінчастого валу і зниження передатного числа головної передачі.

3.2. Застосування альтернативних двигунів.

Двигун Стерлінга або агрегат зовнішнього згоряння. Цей двигун було запатентовано 1816 року як альтернативу поширеному малоефективному на той час паровому двигуну. Його принцип роботи є доволі простим: він базується на принципі циклічного нагрівання та поступового охолодження робочого тіла (зазвичай на базі газу, рідше за рахунок рідини), а також на перетворенні енергії, що продукується в результаті такого температурного розширення. Робочий газ циркулює в замкнутому металевому контурі труб всередині двигуна, при цьому джерело теплової енергії знаходиться зовні.

Сучасні двигуни зовнішнього згоряння мають герметичний циліндр, наповнений стисненим гелієм або воднем, над яким знаходиться поршень. Під час спалювання паливного газу тепло передається через стінку циліндра, що призводить до руху поршня вниз. Вихлопні гази потрапляють у камеру охолодження, після чого поршень повертається в початкове положення. Після цього частина охолодженого газу направляється до камери розширення для повторного нагрівання і початку робочого циклу.

Окрім високого коефіцієнта корисної дії (ККД) на рівні 35-40% і більше, двигун зовнішнього згоряння може працювати на будь-якому типі палива та виробляє мінімальні викиди монооксиду вуглецю та вуглеводнів завдяки стабільній роботі пальника зі збалансованим співвідношенням паливної суміші. Також такий двигун практично безшумний.

Електродвигуни базуються на принципі трансформування електричної енергії з джерела або акумулятору в механічну. Вони будуються з двох основних складових: електромеханічного перетворювача (ЕМП), який перетворює електричну енергію в електромагнітну, і оборотного ротора

двигуна (РД), де отримана електромагнітна енергія трансформується на механічну.

У електричних автомобілів та інших транспортних засобах практично відсутні шкідливі викиди під час руху, однак вони можуть випромінювати підвищений рівень електромагнітного поля. **Електромобілі** є перспективним рішенням для зниження викидів парникових газів та зменшення інших негативних впливів автомобільного транспорту на довкілля. Проте, процес виробництва електромобілів ще не досяг рівня сталих і перевірених технологій.

Електромобілі мають потенціал для зменшення викидів парникових газів (ПГ) протягом свого життєвого циклу порівняно з традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Однак існує ряд невизначеностей і викликів, пов'язаних з їх екологічною ефективністю:

- **Технологія батарей**: Виробництво літій-іонних батарей є енергоємним процесом, який супроводжується значними викидами ПГ. Наприклад, для виробництва батареї ємністю 80 кВт·год, яка використовується в деяких електромобілях, викиди CO_2 можуть становити від 2,4 до 16 тонн, залежно від використовуваних матеріалів і джерел енергії. Крім того, видобуток сировини для батарей, таких як літій, кобальт і нікель, має значний вплив на довкілля і часто пов'язаний з соціальними проблемами в країнах видобутку.
- **Вплив на викиди**: Хоча електромобілі не мають вихлопних газів під час руху, їх загальний вплив на викиди ПГ залежить від джерел електроенергії, що використовується для зарядки батарей. У регіонах, де електроенергія виробляється з викопних палив, переваги електромобілів щодо викидів можуть бути меншими.
- **Взаємодія з енергетичними підприємствами**: Масове впровадження електромобілів вимагає значних змін в енергетичній інфраструктурі для забезпечення достатньої кількості електроенергії і зарядних станцій. Це також може призвести до збільшення

навантаження на електромережі і потребує стратегічного планування з боку енергетичних компаній.

- **Вартість і комерційне впровадження**: Хоча ціни на електромобілі поступово знижуються, вони все ще залишаються вищими за традиційні автомобілі, що може стримувати їх масове поширення. Також існують питання щодо вартості заміни батарей і їх утилізації після закінчення терміну служби.

У середньому, електромобілі під час експлуатації виробляють менше викидів ПГ порівняно з автомобілями з ДВЗ. Однак, якщо враховувати весь життєвий цикл, включаючи виробництво і утилізацію, то переваги можуть бути менш значними. Наприклад, деякі дослідження показують, що при використанні електроенергії з високим вмістом вуглецю (наприклад, з вугільних електростанцій) електромобілі можуть мати навіть більші викиди ПГ протягом життєвого циклу, ніж ефективні автомобілі з ДВЗ.

Таким чином, для забезпечення реальних екологічних переваг електромобілів необхідно враховувати всі етапи їх життєвого циклу, покращувати технології виробництва батарей, забезпечувати використання відновлюваних джерел енергії для зарядки і розвивати інфраструктуру для їх обслуговування.

Проблема електромобілів полягає не лише у їх високій вартості, але й у можливості забезпечення регулярної підзарядки. Для власників електромобілів, які мешкають у приватних будинках, це менш критично, оскільки вони можуть легко організувати зарядку вдома. Однак для жителів багатоповерхівок це є значним викликом, оскільки вони не мають доступу до індивідуальних зарядних станцій, особливо вночі. Для повноцінної експлуатації електромобілів необхідно розбудувати широку мережу громадських зарядних станцій. Хоча швидкі зарядки частково вирішують проблему поїздок на великі відстані, це не є остаточним рішенням.

Гібридні установки пропонують більш ефективне вирішення цих питань. Найбільш популярними є поєднання двигунів внутрішнього згоряння

з електродвигунами. Така система є найефективнішою в міських умовах, де часті зміни режиму руху є звичними.

Під час стабільного руху на невеликій швидкості електродвигун живиться від акумулятора, і двигун внутрішнього згоряння не працює. Коли рівень заряду акумулятора знижується, двигун внутрішнього згоряння запускається, приводить у дію електрогенератор і заряджає батарею. Після повного заряду акумулятора двигун внутрішнього згоряння знову вимикається. Така система дозволяє оптимізувати витрату палива та зменшити викиди, особливо у міському середовищі.

Комбіновані технологічні рішення, що поєднують двигуни внутрішнього згоряння з електричними двигунами, мають кілька недоліків, зокрема:

- Висока вартість установок.
- Проблеми з утилізацією використаних акумуляторів, які мають обмежений термін служби і вимагають спеціальних процесів переробки.

Альтернативою таким гібридним установкам може бути поєднання двигуна внутрішнього згоряння з інерційним двигуном, тобто маховиком. Маховик накопичує механічну енергію шляхом обертання диска або циліндра, і ця система має високий коефіцієнт корисної дії (ККД), дозволяючи передавати енергію на ведучі колеса з мінімальними втратами.

У гібридній установці з маховиком механічна енергія зберігається за рахунок розкручування маховика двигуном внутрішнього згоряння перед початком руху автомобіля. Під час сталого руху на постійній швидкості працює лише двигун внутрішнього згоряння. У перехідних режимах, коли потрібна додаткова потужність (наприклад, під час прискорення), використовується енергія, накопичена в маховику. Під час гальмування енергія знову накопичується в маховику за допомогою спеціальної передачі.

Ця система дозволяє працювати двигуну внутрішнього згоряння в постійному режимі, що забезпечує кращі умови для спалювання палива,

підвищує ефективність, зменшує витрату палива та знижує викиди шкідливих речовин у вихлопних газах.

3.3. Якість та склад паливно-мастильних матеріалів.

Відповідність автомобільного транспорту нормам вмісту у вироблених вихлопних газах полютантів обумовлена і безпосередньо залежить від дотримання встановлених екологічних норм споживання того чи іншого виду палива.

В нашій країні розвинений підпільний, тобто «чорний ринок» палива та інших мастильних матеріалів, де їх якість жодним чином не контролюється. За 2022 рік в межах України було використано на третину більше різних видів палива, порівняно з тим об’ємом, який офіційно виробляють діючі нафтові підприємства, а також з урахуванням завезеного з-за кордону. Якість та умови дотримання такого палива екологічним стандартам і існуючим нормативам неможливо ніяк контролювати.

Парк наявних на даний час автобусів, який залучений до перевезення потоку пасажирів, переважно складався з транспорту, що оснащений дизельною моторною установкою. На це є безліч об'єктивних причин: дизельні двигуни є дуже ефективними порівняно з іншими типами приводів (їх ККД становить до 40%); суттєво знижену кількість споживання палива порівняно з бензиновими або газовими силовими агрегатами. Середня витрата дизелю для автобуса типу «Богдан» становить близько 16 л на 100 км влітку та приблизно 17-19 л взимку. Автобуси, що працюють на скрапленому газі мають значно вищу витрату пального, що коливається на рівні близько 19-25 л на 100 км. Одним із найбільш значущих індикаторів екологічної якості пального є кількість у його складі різноманітних сполук сірки. Сірка в паливі якнайбільше сприяє підвищенню сукупної токсичності вихлопних газів. Це відбувається не через збільшення загальної концентрації оксидів сірки або твердих часток, а через суттєве зменшення ефективності та падіння надійності системи контролю за концентрацією відпрацьованих вихлопних газів. Наслідком

даного процесу є те, що викиди утворених токсичних сполук, твердих часток та інших небезпечних типів забруднювачів повітря постійно зростають.

Дизельне паливо обов'язково повинне відповідати певним прийнятим екологічним вимогам, які регламентує державний стандарт ГОСТ 305-82. При цьому масова частка сірки наразі допускається не більше за 0,2 або не більше ніж 0,5% за масою, концентрація смол відповідно має становити не більше 40 мг/100 $см^3$, а сукупна зольність викидів – не більше за 0,01%.

Можна виділити доволі широку низку альтернативних типів пального, використання котрих доступне в сучасних дизельних двигунах, а саме в першу чергу нафтові палива та паливо, яке має бути виготовлене з альтернативних енергетично безпечних продуктів. Наявні альтернативні типи пального можливо наразі поділити на три основні групи.

Перша група включає так зване змішане паливо, яке складається переважно з нафтового палива з домішками не нафтового походження (спирти, ефіри тощо). Таке комбіноване паливо за своїми властивостями зазвичай близьке до ефективності звичайного палива з нафти.

До *другої групи* входять синтетичні рідкі типи палива. Таке паливо продукують при переробці різних твердих, рідких і газоподібних різновидів викопних агентів (вугілля, вугільного сланцю, звичайного природного газу або газового конденсату тощо).

Третя група складається з типів пального не нафтової природи походження (спиртів, ефірів, ацетонів та ін.), яке суттєво відрізняється за фізико-хімічними параметрами від традиційних на сьогодні нафтових типів палива.

Одними з найбільш передових різновидів альтернативного пального для автомобілів та інших видів транспортних засобів наразі є біоетанол, біометанол, а також біодизель. У найближчій перспективі до означеного списку можна буде внести синтетичний бензин та синтетичний дизель. У майбутньому можна буде розраховувати на широке використання водневих двигунів та установок з різноманітними паливними елементами.

3.4. Рекомендації щодо зниження впливу автотранспорту на довкілля.

Зменшення негативного впливу автотранспорту на повітря в Україні можна досягти через такі кроки:

1. **Розвиток та вдосконалення законодавства в сфері екології транспорту**. Це включає поліпшення базових законів, що регулюють транспорт як частину економіки (Закон про транспорт, Закон про автомобільний транспорт), і створення спеціалізованих нормативних актів (стандарти, правила). Для інтеграції України в міжнародну транспортну систему необхідно гармонізувати законодавство з міжнародними та регіональними нормами.
2. **Економічні стимули для дотримання екологічних стандартів**. Законодавство має створити умови, за яких ведення транспортної чи сервісної діяльності без дотримання екологічних вимог буде економічно невигідним. Це має стосуватися всіх учасників ринку — від імпортерів та виробників автотехніки до перевізників та сервісних компаній.
3. **Створення та вдосконалення стандартів і нормативних документів**. Необхідно розробити нові стандарти, що регулюють екологічні та економічні характеристики автомобілів, а також вимоги до обслуговування автотранспорту, контрольно-вимірювального обладнання тощо.
4. **Підвищення якості палива**. Потрібно впровадити стандарти, що регулюють фізико-хімічні властивості палива, та механізми, які поступово витіснять етиловані бензини та дизельне паливо з високим вмістом сірки. Також варто обмежити вміст ароматичних вуглеводнів у високооктановому бензині.
5. **Удосконалення технічної експлуатації автотранспорту**. Це передбачає створення широкої мережі ліцензованих підприємств для технічного обслуговування та ремонту автівок, сертифікованих за

новими нормативно-правовими вимогами. Важливо забезпечити приладовий контроль екологічних параметрів автотранспорту, оскільки виробники автомобілів у країнах СНД не завжди гарантують якість продукції.

6. **Модернізація нафтопереробних підприємств**. Це необхідний крок для покращення екологічних характеристик транспорту в майбутньому. Важливо також встановити чіткі процедури для розповсюдження палива, що виключають його фальсифікацію та невідповідність нормам якості.

Ці дії сприятимуть зниженню забруднення атмосферного повітря та покращенню екологічної ситуації в Україні.

РОЗДІЛ 4
ПИЛОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВІД АВТОТРАНСПОРТУ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ЗНИЖЕННЯ

Сучасний стан атмосферного повітря промислових міст тісно пов'язаний з кількістю та характеристиками транспорту, що є причиною утворення викидів від вихлопних газів і механічного руху автомобілів – знос дорожнього покриття, шин, гальм і ресуспендування дорожнього пилу. Повторне потрапляння пилу у повітря від механічного руху автомобілів особливо значне для промислових міст, де концентрація твердих часток у повітрі підвищена за рахунок викидів підприємств. Крім того значна частка промислового пилу седиментується на тверді поверхні, зокрема, дорожнє покриття, звідки знову потрапляє у атмосферу.

Кривий Ріг є потужним промисловим центром з розвинутою видобувною та металургійною промисловістю, а також зі значним транспортним навантаженням. Тому визначення концентрацій пилу у атмосфері є актуальним питанням для міста.

Вивченню пилового забруднення від автомобільного транспорту в умовах великих міст присвячується велика увага серед науковців всього світу. Зокрема, досліджуються проблеми джерел утворення пилу [1, 2, 8-10], диференціації пилу за фракційним складом [3, 5, 7], а також стану атмосферного повітря в цілому [4, 6].

Методика досліджень.

Дослідження стану атмосферного повітря м. Кривий Ріг проводились у період з 01 квітня по 31 серпня 2024 року. У якості пробних ділянок було обрано об'єкти у межах м. Кривий Ріг. Перша пробна ділянка – вулиця з інтенсивним рухом автотранспорту (проспект Миру) має шість смуг для руху та характеризується високою інтенсивністю трафіку 50-70 одиниць на хвилину (од/хв). Вулиця з помірним потоком транспорту (вулиця Героїв АТО) –

ділянка з одностороннім рухом у дві смуги з інтенсивністю трафіку 8-10 од/хв. У якості контрольної ділянки було обрано паркову зону (парк ім. Б. Хмельницького), точка відбору проб віддалена від найближчих автодоріг на відстань мінімум 200 м.

Вимірювання запиленості повітря проводили за допомогою ручного приладу Particle counter HT-9600 (рисунок 4.1.). Вимірювання, згідно до технічних характеристик приладу, проводиться оптоелектронним методом при протягуванні повітря за допомогою насосу. Швидкість протягування повітря 1 л/хв, тривалість одного заміру – 2 хв. Прилад дозволяє одночасно встановлювати кількість часток діапазону PM 2,5 та PM 10.

Рис. 4.1. Загальний вигляд приладу Particle counter HT-9600.

Збір даних проводили щоденно у період з 12:00 до 13:00 год. Для забору проб прилад тримали на висоті 150-160 см від дорожнього покриття стоячи на узбіччі дороги на мінімальній безпечній відстані від проїжджої частини. Така висота розміщення приладу відповідає шару повітря на рівні органів дихання людини. Результати вимірювань наведені у таблицях 4.1-4.5.

Таблиця 4.1. Результати вимірювань запиленості за квітень 2024

Квітень		Вологість	Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Умовний контроль	
	t, °C	ϕ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
01.04.2024	27	60	10	21	5	16	3	7
02.04.2024	30	53	12	26	6	18	3	8
03.04.2024	20	55	11	24	5	18	3	7
04.04.2024	22	60	9	20	4	16	3	6
05.04.2024	19	58	6	20	4	15	3	6
06.04.2024	20	55	8	28	4	20	3	10
07.04.2024	21	53	9	22	4	16	3	8
08.04.2024	24	49	12	29	6	21	4	9
09.04.2024	23	42	13	34	6	24	5	11
10.04.2024	24	43	12	31	6	22	4	11
11.04.2024	27	48	17	44	7	25	5	11
12.04.2024	29	50	14	40	7	23	5	12
13.04.2024	24	46	12	33	6	23	5	12
14.04.2024	24	50	13	38	5	25	3	12
15.04.2024	27	60	11	29	5	22	3	11
16.04.2024	30	50	15	35	6	23	3	11
17.04.2024	28	42	16	34	8	21	6	10
18.04.2024	28	50	13	29	7	18	6	9
19.04.2024	16	62	12	25	6	16	3	8
20.04.2024	19	59	14	29	6	16	3	8
21.04.2024	15	74	9	20	4	14	3	7
22.04.2024	19	72	10	18	5	14	3	7
23.04.2024	20	70	10	19	5	15	3	9
24.04.2024	26	60	11	23	5	17	3	11
25.04.2024	25	60	12	27	7	19	5	11
26.04.2024	28	60	12	25	6	19	5	12
27.04.2024	27	59	11	22	6	15	4	10
28.04.2024	26	58	9	19	5	15	3	11
29.04.2024	24	65	8	17	5	14	3	8
30.04.2024	24	51	11	20	7	15	3	9
Середнє значення	23,87	55,8	11,4	26,7	5,6	18,5	3,7	9,4

При аналізі таблиці 4.1 виявлено, що показники запиленості за обома розмірностями, навіть у своїх пікових значеннях не перевищують норм, встановлених Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я (ВООЗ) не більше 25 часток розмірністю PM 2,5 та не більше 50 часток розмірністю PM 10.

Таблиця 4.2. Результати вимірювань запиленості за травень 2024

Травень		Вологість	Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Контроль	
	t, °C	ϕ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
01.05.2024	25	30	18	40	11	30	9	17
02.05.2024	26	40	13	31	10	25	7	15
03.05.2024	25	50	12	27	9	25	5	14
04.05.2024	19	45	16	37	10	31	5	18
05.05.2024	17	28	17	36	10	32	5	17
06.05.2024	23	49	15	33	11	30	7	16
07.05.2024	23	52	14	30	9	23	6	13
08.05.2024	20	65	12	26	8	24	5	13
09.05.2024	19	45	13	29	8	25	5	14
10.05.2024	19	42	12	25	9	18	5	12
11.05.2024	24	39	16	34	10	27	6	16
12.05.2024	19	47	15	35	9	25	5	16
13.05.2024	18	44	13	28	8	22	5	13
14.05.2024	14	63	11	24	8	21	5	12
15.05.2024	15	62	11	23	8	17	5	11
16.05.2024	16	68	10	24	7	16	4	10
17.05.2024	20	62	12	27	9	21	5	13
18.05.2024	22	55	14	34	10	26	7	16
19.05.2024	24	42	16	39	9	31	5	19
20.05.2024	25	47	17	42	9	31	5	19
21.05.2024	27	49	18	46	10	15	6	16
22.05.2024	28	39	18	48	10	37	6	21
23.05.2024	28	36	18	49	11	38	6	22
24.05.2024	29	41	20	54	13	41	9	25
25.05.2024	24	34	20	52	13	37	9	23
26.05.2024	19	43	17	44	11	32	8	19
27.05.2024	20	59	16	39	9	29	7	17
28.05.2024	26	50	15	36	11	30	7	17
29.05.2024	18	75	12	28	9	23	7	13
30.05.2024	27	63	14	34	9	27	5	16
31.05.2024	28	50	13	32	8	24	5	15
Середнє значення	22,16	48,84	14,77	35,03	9,55	26,87	6	16,06

Дані, наведені у таблиці 4.2 свідчать про наближення значень концентрацій пилу до допустимих максимумів на ділянці з інтенсивним рухом, та перевищення допустимих меж за параметром PM 10 протягом лише двох днів – 24.05.24 та 25.05.24.

Таблиця 4.3. Результати вимірювань запиленості за червень 2024

Червень		Вологість	Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Умовний контроль	
	t, °C	ϕ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
01.06.2024	32	50	18	43	9	27	9	20
02.06.2024	33	40	19	43	12	25	7	19
03.06.2024	33	44	21	48	13	28	7	21
04.06.2024	34	52	20	43	12	23	10	17
05.06.2024	36	48	24	52	12	28	10	19
06.06.2024	32	50	26	57	15	29	11	22
07.06.2024	31	48	28	65	15	35	8	27
08.06.2024	32	48	31	69	17	39	12	29
09.06.2024	31	49	32	72	18	41	12	31
10.06.2024	34	49	35	76	20	41	15	31
11.06.2024	34	48	34	72	19	37	16	28
12.06.2024	33	60	27	58	13	32	10	24
13.06.2024	33	53	24	56	13	32	7	25
14.06.2024	34	48	28	62	15	35	11	26
15.06.2024	30	75	19	46	10	29	5	23
16.06.2024	24	80	16	40	10	25	5	18
17.06.2024	28	71	14	34	10	20	5	15
18.06.2024	33	58	17	41	11	25	4	20
19.06.2024	34	47	21	46	11	25	9	19
20.06.2024	36	47	23	52	12	29	9	22
21.06.2024	30	39	26	57	13	30	9	22
22.06.2024	32	40	26	59	12	35	8	25
23.06.2024	35	42	31	71	17	44	10	33
24.06.2024	37	42	34	76	20	43	13	33
25.06.2024	30	47	36	80	20	44	14	33
26.06.2024	30	40	36	78	20	40	13	29
27.06.2024	32	38	42	91	21	48	15	34
28.06.2024	33	37	44	99	24	55	16	42
29.06.2024	33	37	42	91	22	51	16	39
30.06.2024	35	39	45	95	22	49	14	33
Середнє значення	32,47	48,87	27,97	62,40	15,27	34,80	10,33	25,97

Результати досліджень за червень показують інтенсифікацію запилення на усіх дослідних ділянках. Значення концентрацій пилу на вулиці з помірним рухом досягають максимально допустимих параметрів, але перевищення не спостережені. На ділянці з інтенсивним рухом перевищення норм спостерігалось протягом 18 днів для часток PM 2,5 та протягом 21 для PM 10.

Таблиця 4.4. Результати вимірювань запиленості за липень 2024

Липень		Вологість	Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Контроль	
	t, °C	ϕ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
01.07.2024	35	29	37	77	27	48	12	32
02.07.2024	38	27	39	85	30	52	16	36
03.07.2024	37	40	35	78	28	52	17	36
04.07.2024	36	57	32	70	25	45	14	34
05.07.2024	33	55	34	77	26	50	17	37
06.07.2024	35	38	38	82	30	53	16	36
07.07.2024	37	31	45	95	35	58	17	40
08.07.2024	41	26	49	105	38	65	22	44
09.07.2024	40	29	47	100	36	62	18	42
10.07.2024	40	24	48	103	38	60	20	42
11.07.2024	40	21	47	101	37	64	19	42
12.07.2024	41	23	46	101	37	65	21	42
13.07.2024	36	25	41	92	32	60	20	38
14.07.2024	38	23	42	93	34	60	20	39
15.07.2024	41	21	39	85	27	52	15	35
16.07.2024	42	24	38	84	28	54	17	36
17.07.2024	43	23	45	96	34	59	17	39
18.07.2024	42	22	48	102	38	62	20	42
19.07.2024	41	23	46	99	35	62	20	41
20.07.2024	38	37	41	92	33	61	21	41
21.07.2024	37	41	40	88	32	57	20	40
22.07.2024	37	48	41	91	32	60	21	41
23.07.2024	34	43	42	91	33	58	20	40
24.07.2024	33	31	44	97	32	62	20	40
25.07.2024	33	36	44	96	36	63	21	42
26.07.2024	33	43	41	88	32	56	19	39
27.07.2024	36	30	47	101	35	63	19	42
28.07.2024	38	30	49	109	37	70	23	45
29.07.2024	37	43	49	109	38	70	22	46
30.07.2024	30	40	41	88	32	55	17	39
31.07.2024	32	43	44	96	33	60	20	42
Середнє значення	37,23	33,10	42,55	92,61	32,90	58,65	18,74	39,68

Протягом липня значення запиленості перевищували норму як на ділянці з інтенсивним рухом, так і з помірним рухом. Причому на ділянці з інтенсивним рухом запиленість за PM 10 перевищувала норму більш ніж удвічі протягом 9 днів. Такі значення пояснюються аномальною спекою з середнім значенням 37,23 °C та тривалою відсутністю опадів.

Таблиця 4.5. Результати вимірювань запиленості за серпень 2024

Серпень		Вологість	Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Контроль	
	t, °C	ϕ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
01.08.2024	34	40	40	85	31	52	14	34
02.08.2024	35	57	31	73	24	46	16	29
03.08.2024	36	52	28	65	21	38	13	29
04.08.2024	32	54	26	68	20	38	14	30
05.08.2024	31	52	27	62	19	36	11	26
06.08.2024	31	31	31	71	23	45	9	28
07.08.2024	32	38	35	78	26	48	12	31
08.08.2024	32	38	37	80	29	54	18	34
09.08.2024	34	37	37	82	27	51	14	32
10.08.2024	35	35	35	80	22	49	16	28
11.08.2024	37	44	36	78	24	46	16	31
12.08.2024	33	32	32	76	24	44	14	29
13.08.2024	33	42	33	74	26	50	11	30
14.08.2024	31	30	36	81	27	48	13	33
15.08.2024	31	30	38	85	29	54	13	33
16.08.2024	33	30	36	77	31	48	14	33
17.08.2024	34	33	40	86	32	55	14	31
18.08.2024	33	41	41	90	32	55	15	35
19.08.2024	35	37	43	92	31	57	17	35
20.08.2024	35	32	40	88	30	60	17	35
21.08.2024	27	46	37	73	27	48	14	31
22.08.2024	29	42	34	69	23	44	16	28
23.08.2024	30	29	32	64	19	49	16	27
24.08.2024	30	30	33	67	22	47	12	29
25.08.2024	28	40	27	62	23	42	13	33
26.08.2024	26	28	28	58	19	46	14	25
27.08.2024	25	40	31	56	16	40	11	25
28.08.2024	27	48	27	64	21	35	9	29
29.08.2024	26	47	25	55	19	35	12	31
30.08.2024	25	40	27	59	20	38	10	27
31.08.2024	25	42	25	59	17	37	8	24
Середнє значення	31,13	39,26	33,16	72,81	24,32	46,29	13,42	30,16

За результатами вимірювань у серпні видно, що інтенсивність запилення дещо знижується порівняно зі значеннями, зафіксованими у липні, але загальні показники залишаються за межами нормальних значень.

Усереднені результати вимірювання параметрів стану атмосферного повітря та запиленості повітря за фракціями наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Усереднені результати вимірювань запиленості

			Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Умовний контроль	
Місяць	t, °C	ϕ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
Квітень	23,87	55,80	11,40	26,70	5,60	18,50	3,70	9,40
Травень	22,16	48,84	14,77	35,03	9,55	26,87	6,00	16,06
Червень	32,47	48,87	27,97	62,40	15,27	34,80	10,17	26,03
Липень	37,23	33,10	42,55	92,61	32,90	58,65	18,74	39,68
Серпень	31,13	39,26	33,16	72,81	24,32	47,26	13,32	30,16

Нами проведено аналіз динаміки денної температури (рисунок 4.1) та відносної вологості повітря (рисунок 4.2), як ключових параметрів навколишнього середовища, що впливають на інтенсивність виносу пилу у повітря із дорожнього полотна.

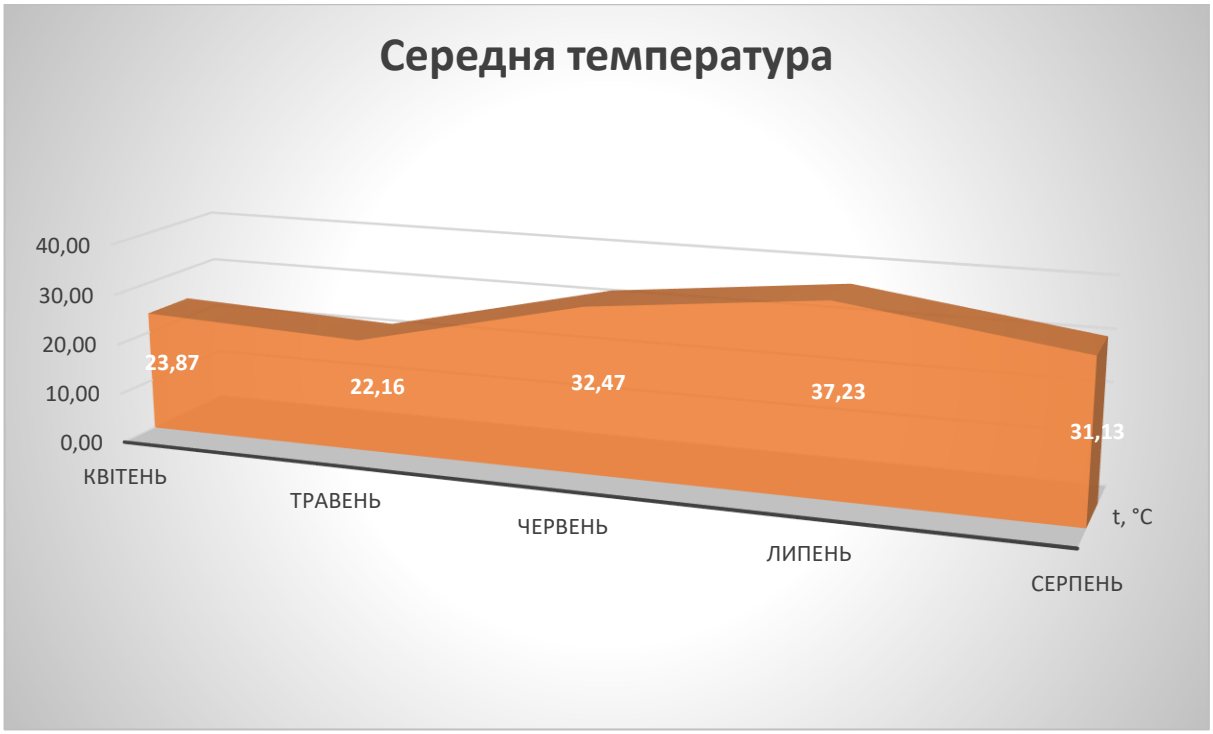

Рис. 4.1. Динаміка денної температури

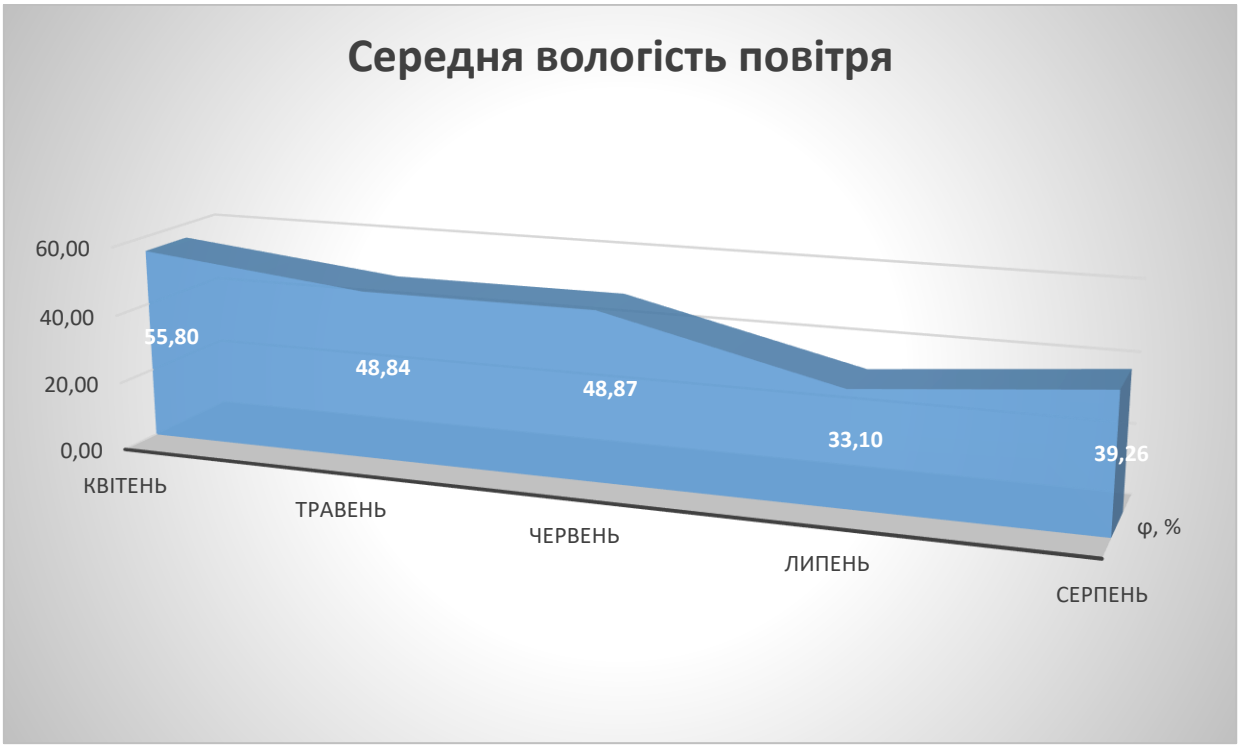

Рис. 4.2. Динаміка відносної вологості повітря

За результатами вимірювань можна стверджувати, що динаміка концентрації пилових часток у атмосфері детермінується сукупною дією показників температури та вологості. При цьому спостерігається пряма залежність від значення температури та обернена – від вологості повітря.

На ділянці з інтенсивним потоком транспорту відзначено перевищення концентрації часток PM 2,5 порівняно з нормативом, встановленим Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я – не більше 25 часток на м^3 [11], протягом усіх літніх місяців.

Також для даної ділянки відмічене перевищення концентрації пилу розмірністю PM 10 протягом літнього періоду порівняно зі встановленою ВООЗ максимальною нормою у 50 часток на м^3 [11].

Особливо високі параметри запилення спостерігались протягом липня. При цьому констатували перевищення концентрації пилу більш ніж у два рази. Такі показники пояснюються аномальною спекою влітку 2024 року (середня температура повітря вдень протягом липня – 37,23 °С) та відсутністю опадів (Рис. 4.3-4.4).

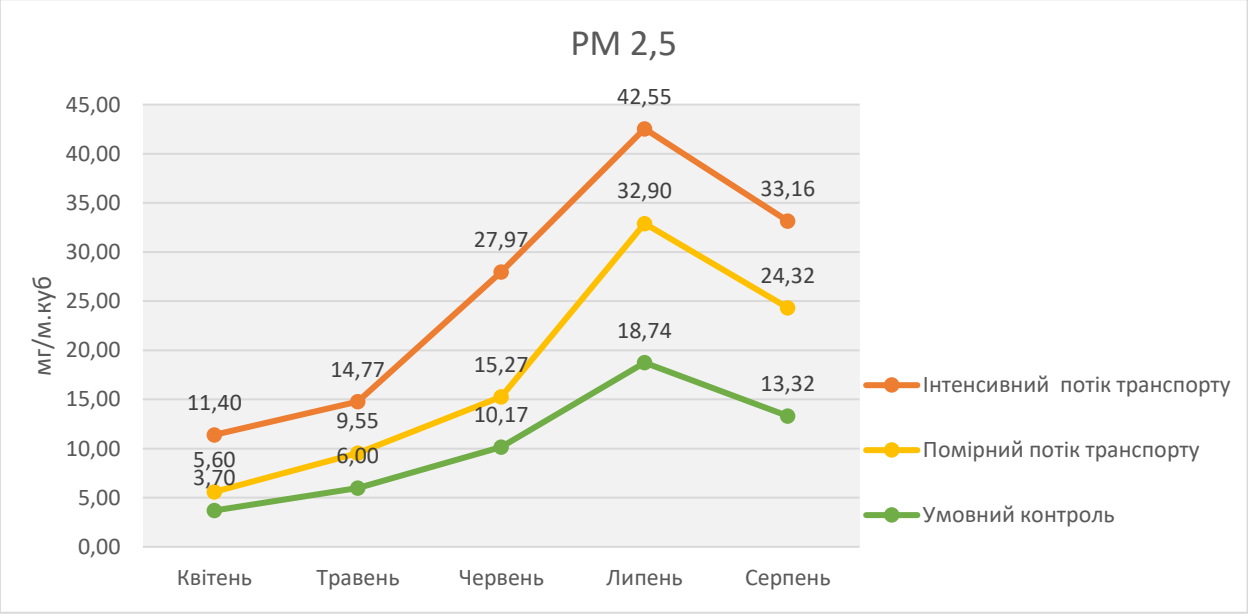

Рис. 4.3. Інтенсивність запилення частками PM 2,5.

На ділянці з помірним рухом автотранспорту спостережене перевищення концентрації пилу за обома розмірностями протягом липня. Також високі показники запиленості – на верхній межі норми – простежуються у серпні.

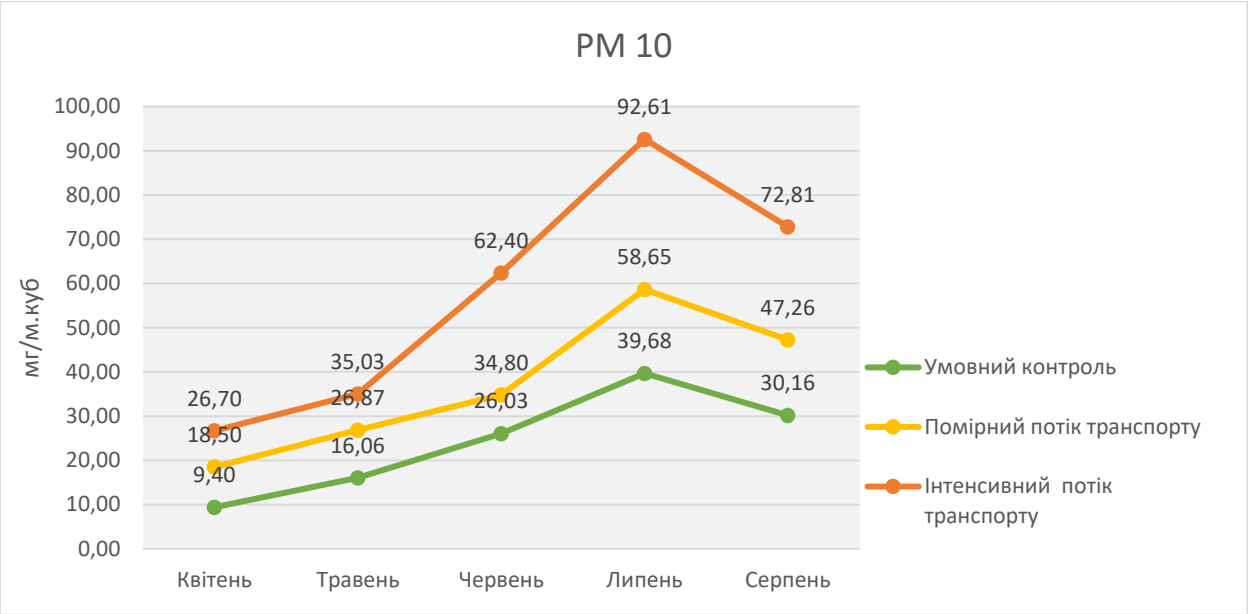

Рис. 4.4. Інтенсивність запилення частками PM 10.

Контрольна ділянка у парковій зоні характеризувалась нормальними показниками запилення протягом усього періоду спостереження зі збереженням загальної тенденції до збільшення концентрацій при підвищенні рівня температури атмосферного повітря та зниженої вологості.

Такі високі показники запилення на думку авторів можна пояснити ефектом сумації надходження у атмосферу міста Кривий Ріг пилу безпосередньо від викидів автомобілів, їх механічного руху, зносу деталей та механізмів автотранспорту, а також від підприємств гірничої та металургійної промисловості, які сконцентровані в межах міста.

ВИСНОВКИ

1. Стан атмосферного повітря м. Кривий Ріг характеризуються підвищеним рівнем забруднення через сукупну дію антропогенного впливу від гірничої та металургійної промисловості, а також від транспорту, в тому числі автомобільного.
2. Ключовими підходами до зменшення впливу автотранспорту на довкілля є державне регулювання транспортної політики та перехід до альтернативних видів палива.
3. Концентрація пилу на ділянці з інтенсивним рухом транспорту характеризується перевищенням нормативу протягом всього літнього періоду з піком у липні, коли відхилення від норми сягає більше ніж подвійних значень – PM 2,5 – 49 часток, PM 10 – 109 часток. Для ділянки з помірним рухом перевищення норми спостережене лише протягом липня.
4. На всіх досліджених ділянках спостерігається пряма залежність концентрації пилу від температури повітря та обернена – від вологості.
5. Причиною перевищення норм запиленості є сукупна дія викидів від автотранспорту та від промислових підприємств.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Adams, K.; Greenbaum, D.S.; Shaikh, R.; van Erp, A.M.; Russell, A.G. Particulate matter components, sources, and health: Systematic approaches to testing effects. J. Air Waste Manag. Assoc. 2015, 65, 544–558.
2. Amato, F.; Pandolfi, M.; Moreno, T.; Furger, M.; Pey, J.; Alastuey, A.; Bukowiecki, N.; Prevot, A.S.H.; Baltensperger, U.; Querol, X. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities. Atmos. Environ. 2011, 45, 6777–6787.
3. Casotti Rienda, I.; Alves, C.A.; Nunes, T.; Soares, M.; Amato, F.; Sánchez de la Campa, A.; Kováts, N.; Hubai, K.; Teke, G. PM10 Resuspension of Road Dust in Different Types of Parking Lots: Emissions, Chemical Characterisation and Ecotoxicity. Atmosphere 2023, 14, 305.
4. European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe—2020 Report; EEA: Copenhagen, Denmark, 2020; ISBN 978-92-9480-292-7.
5. Harrison, R.M.; Allan, J.; Carruthers, D.; Heal, M.R.; Lewis, A.C.; Marner, B.; Murrells, T.; Williams, A. Non-exhaust vehicle emissions of particulate matter and VOC from road traffic: A review. Atmos. Environ. 2021, 262, 118592.
6. OECD. Non-Exhaust Particulate Emissions from Road Transport; OECD: Paris, France, 2020; ISBN 9789264452442.
7. Pant, P.; Harrison, R.M. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review. Atmos. Environ. 2013, 77, 78–97.
8. Penkała, M.; Ogrodnik, P.; Rogula-Kozłowska, W. Particulate Matter from the Road Surface Abrasion as a Problem of Non-Exhaust Emission Control. Environments 2018, 5, 9.

9. Song, Y.; Xie, S.; Zhang, Y.; Zeng, L.; Salmon, L.G.; Zheng, M. Source apportionment of PM2.5 in Beijing using principal component analysis/absolute principal component scores and UNMIX. Sci. Total Environ. 2006, 372, 278–286.
10. Timmers, V.R.J.H.; Achten, P.A.J. Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. Atmos. Environ. 2016, 134, 10–17.
11. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – 273 p. ISBN 978-92-4-003422-8 (electronic version)