

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА  
ТА АРХІТЕКТУРИ**

*Факультет інформаційних технологій та механічної інженерії*

(повне найменування інституту, факультету)

*Кафедра експлуатації та ремонту машин*

(повна назва кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

*на тему Дослідження способів покращення екологічної безпеки  
автомобільного транспорту*

Виконав: здобувач вищої освіти

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

спеціальності

274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми

ОПП «Автомобільний транспорт»

(вид та назва освітньої програми)

групи АТ-21мп

Богдан ХАЛЯВКО

(ім'я та прізвище здобувача)

Керівник Тетяна КОЛЕСНИКОВА

(ім'я та прізвище)

Рецензент Олександр

ГОЛУБЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

Оцінка захисту кваліфікаційної роботи

(сума балів, оцінка ECTS, оцінка за національною шкалою.)

Секретар ЕК \_\_\_\_\_ / Віталій БОГОМОЛОВ /

(підпис)

(ім'я та прізвище секретаря ЕК)

Дніпро – 2022

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА  
ТА АРХІТЕКТУРИ**

Інститут, факультет інформаційних технологій та механічної інженерії  
 Кафедра експлуатації та ремонту машин  
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)  
 Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр та назва)  
 Освітня програма ОПП «Автомобільний транспорт»  
(вид та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
к.т.н. Олександр ЛИХОДІЙ  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Богдану ХАЛЯВКО

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Дослідження способів покращення екологічної безпеки  
автомобільного транспорту

рівник роботи доц., к.т.н. Тетяна КОЛЕСНИКОВА

(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора від «22» вересня 2022 року № 340-кв

2. Строк подання роботи до захисту «22» грудня 2022 року

3. Вихідні дані до офіційні статистичні дані о кількості автомобілів у  
роботи  
м. Дніпро, офіційні статистичні дані щодо обсягів  
викидів шкідливих речовин

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_  
Вступ. 1. Аналіз джерел забруднення навколишнього середовища. 2. Аналіз  
способів спрямованих на зниження шкідливих викидів від автомобільного  
транспорту. 3. Методика розрахунку зниження викидів шкідливих речовин. 4.  
Результати досліджень. Висновки. Список використаних джерел. Відомість  
кваліфікаційної роботи.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота за темою "Дослідження способів покращення екологічної безпеки автомобільного транспорту" містить 71 сторінку, 25 рисунків, 6 таблиць, 13 використаних джерел.

У кваліфікаційній роботі представлено аналіз джерел забруднення навколишнього середовища. Описано основні екологічні проблеми експлуатації автомобільного транспорту. Проаналізовано способи спрямовані на зниження шкідливих викидів від автомобільного транспорту.

Представлено теоретичний апарат вирішення завдань, поставлених у кваліфікаційній роботі. Представлено моделі розрахунку зниження шкідливих викидів при застосуванні зазначених у роботі методів.

Проведено дослідження моделей розрахунку зниження шкідливих викидів при застосуванні зазначених у роботі методів.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінити ефективність заходів щодо зниження негативного впливу автомобільного транспорту на екологію.

Об'єкт дослідження: система заходів щодо зниження викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом.

Предмет дослідження: кількісні оцінки ефективності заходів щодо зниження негативного впливу автомобільного транспорту на екологію м. Дніпро.

Наукова новизна: системний підхід до аналізу та оцінки впливу автомобільного транспорту на екологію.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ, АВТОМОБІЛЬ, ІНТЕНСИВНИЙ РУХ, ДВИГУН, ДОСЛІДЖЕННЯ.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
1. АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	8
1.1. Автомобіль, як джерело забруднення навколишнього середовища	8
1.2. Автотранспортний потік, як джерело забруднення навколишнього середовища	17
1.3. Автомобільна дорога, як джерело забруднення навколишнього середовища	21
1.4. Підприємства автомобільного транспорту, як джерела забруднення навколишнього середовища	23
Висновки до першого розділу	26
2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ СПРЯМОВАНИХ НА ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ВІД АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	27
2.1. Управління попитом на перевезення	27
2.2. Організація дорожнього руху	34
2.3. Енергоефективність і паливо	39
2.4. Аналіз автомобілів	44
Висновки до другого розділу	48
3. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН	49
3.1. Методика розрахунку зниження шкідливих викидів у разі заміни легкових автомобілів міста на екологічний клас Євро	5
	49
3.2. Методика розрахунку: застосування електромобілів і гібридних автомобілів	50

3.3. Методика розрахунку зниження шкідливих викидів у разі використання присадок до моторного палива для зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобільного транспорту	51
3.4. Методика отримання статистичних даних	52
Висновки до третього розділу	55
<b>4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>56</b>
4.1. Розрахунок можливого зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів за рахунок заміни легкових автомобілів на екологічний клас Євро 5	56
4.2. Перспективи зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів за рахунок електромобілів і гібридних автомобілів	62
4.3. Використання присадок для зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобілів	63
Висновки до четвертого розділу	66
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>69</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>70</b>
<b>ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ</b>	<b>71</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми:** В останні роки автомобільний транспорт є основним джерелом викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря міст. Незважаючи на зниження виробництва, автомобільний парк у країні неухильно зростає. В окремих містах внесок автотранспортного комплексу в забруднення атмосфери сягає 50-80 %. При цьому частка викидів забруднювальних речовин автотранспортними засобами становить 60 - 85 % від усіх об'єктів автотранспортного комплексу; 15 - 25 % забруднень зумовлено станом автомобільних доріг, а 5 - 10 % - стаціонарними джерелами. Причиною збільшення кількості викидів забруднювальних речовин від автотранспорту, за останні роки, є швидке зростання автомобільного парку України та більш інтенсивне його використання. Зі збільшенням кількості викидів забруднювальних речовин погіршується стан довкілля міст і, як наслідок, погіршується стан здоров'я їхніх жителів. Критерієм оцінки негативного впливу автотранспорту може виступати збиток, що завдається навколишньому середовищу і суспільству. Для розв'язання екологічних проблем необхідне проведення досліджень щодо способу поліпшення екологічної безпеки автомобільного транспорту та оцінка ефективності способів, спрямованих на зниження викидів автомобільного транспорту в навколишнє середовище їх виконання.

У зв'язку з вищевикладеним актуальним є проведення досліджень, спрямованих на зниження викидів автомобільного транспорту в навколишнє середовище.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінити ефективність заходів щодо зниження негативного впливу автомобільного транспорту на екологію.

Об'єкт дослідження: система заходів щодо зниження викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом.

Предмет дослідження: кількісні оцінки ефективності заходів щодо зниження негативного впливу автомобільного транспорту на екологію м. Дніпро.

Методи дослідження. Теоретично-розрахункові.

Наукова новизна: запропоновано системний підхід до аналізу та оцінки впливу автомобільного транспорту на екологію.

Практичне значення отриманих результатів:

Практичне значення мають: методики розрахунку зниження викидів шкідливих речовин.

Результати роботи використовуються в науково-дослідній роботі та навчальному процесі кафедри "ЕРМ" ПДАБА.

Завдання:

Виконати аналіз джерел забруднення навколишнього середовища.

Зробити аналіз ефективності заходів, спрямованих на зниження кількості шкідливих викидів автомобільного транспорту.

Провести дослідження методик розрахунку зниження шкідливих викидів при застосуванні зазначених у роботі методів.

## РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**1.1. Автомобіль, як джерело забруднення навколишнього середовища**

Візуальне представлення автомобіля як джерела забруднення довкілля відображено на рис.1.1. Основна частина забруднення довкілля від автомобіля утворюється під час функціонування двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), рис. 1.2 [1]. 99 % обсягу відпрацьованих газів (ВГ) ДВЗ - це відносно нешкідливі речовини. До них належать продукти повного згоряння  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ , непрореаговані під час згоряння  $\text{O}_2$  і  $\text{N}_2$  тощо.



Рис. 1.1. Автомобіль - джерело забруднення навколишнього середовища





Рис. 1.2. Групування забруднювальних речовин залежно від хімічних перетворень під час їх утворення

Перелічені речовини не токсичні, проте деякі з них, наприклад  $\text{CO}_2$ , посилюють парниковий ефект, що є глобальною екологічною проблемою. На частку токсичних речовин припадає близько 1 % обсягу відпрацьованих газів, але саме ця частина ВГ визначає рівень екологічної небезпеки автомобіля.

Вміст ВГ ДВЗ визначається видом палива та його якістю, перебігом робочого процесу, наявністю або відсутністю систем нейтралізації та очищення, умовами експлуатації та технічним станом.

Вплив виду палива проявляється за рахунок наявності екологічних переваг альтернативних видів моторного палива, до яких належать: газ, синтетичні бензин і дизельне паливо, спирти, біодизельне паливо, водень, диметилловий ефір [2].

Якість традиційного моторного палива та його вплив на рівень екологічної небезпеки АТЗ визначається вуглеводневим складом, а також наявністю присадок і добавок [3]. Наприклад, октанове число бензину можна підвищити за рахунок присадок на основі свинцю, заліза і марганцю, а також оксигенатів - кисневмісних добавок, як такі, що використовують нижчі спирти і прості ефіри.

Перший спосіб неприйнятний і заборонений чинним технічним регламентом Митного союзу "Про вимоги до автомобільного та авіаційного бензину, дизельного і суднового палива, палива для реактивних двигунів і мазуту" (ТР ТЗ 013/2011). Пов'язана заборона насамперед із високою токсичністю металевих присадок, особливо тетраетилсвинцю, який на виході з камери згоряння дає оксид свинцю ( $Pb_2O_5$ ), що має канцерогенний і мутагенний ефект.

Крім того, вони є причиною нагароутворення, скорочення ресурсу свічок запалювання і каталітичних нейтралізаторів.

Другий спосіб дає хороший результат щодо октанового числа, проте погіршує інші моторні якості палива. Зокрема спирти токсичні (особливо метанол), погано розчинні у вуглеводнях, гігроскопічні і корозійно активні. Бензоспиртові суміші пошкоджують матеріали ущільнювачів і кольорові метали, розшаровуються на окремі складові за низьких температур навколишнього середовища. При використанні оксигенатів у 2...4 рази зростають викиди альдегідів і спостерігається тенденція до збільшення концентрації оксидів азоту у відпрацьованих газах. Внаслідок зазначених вище причин концентрація оксигенатів в автомобільних бензинах обмежується, а вміст метанолу взагалі не допускається. Для автомобільних бензинів екологічного класу К5 не допускається також додавання інших антидетонаторів, наприклад монометиланіліну.

Обмеження використання присадок і добавок зумовлює вплив на вуглеводневий склад зі збільшенням частки ароматичних і олефінових вуглеводнів, які сприяють підвищенню октанового числа бензину. Однак їх надмірне використання призводить до нагароутворення і викидів канцерогенних вуглеводнів. Так бензол - типовий представник групи ароматичних вуглеводнів, - створює загрозу як під час безпосереднього контакту з парами бензину, так і під час викиду продуктів його згоряння з відпрацьованими газами. Поліциклічні ароматичні вуглеводні в дизельному паливі небажані через ті самі проблеми, що

посилуються підвищенням утворенням сажі. Вона в сукупності з незгорілими поліциклічними ароматичними вуглеводнями несе канцерогенну небезпеку. Отже, зміна вуглеводневого складу палива також має жорстко регламентуватися, що за фактом і спостерігається: обмеженням вміст бензолу, інших ароматичних і олефінових вуглеводнів у бензинах, а також поліциклічних ароматичних вуглеводнів у дизельних паливах.

Перебіг робочого процесу, який також впливає на склад ВГ ДВЗ, належить до конструктивних чинників. До цієї групи чинників належать також спосіб сумішоутворення, ступінь стиску, параметри подачі палива, кута випередження впорскування і запалювання [4].

Наприклад, дизельні ДВЗ із розділеними камерами згоряння в екологічному відношенні кращі за аналогічні силові агрегати з камерою згоряння в поршні, оскільки викидають менше продуктів неповного згоряння ( $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ ) за відносно невеликої димності відпрацьованих газів (рис. 1.3).

Конструкція камери згоряння впливає на склад відпрацьованих газів не тільки дизельних, а й бензинових ДВЗ. Так, чим менше відношення поверхні до об'єму камери і об'єм над витіснювачем, тим менше утворюється  $\text{C}_n\text{H}_m$ . При цьому на концентрацію  $\text{CO}$  і  $\text{N}_x\text{O}_y$  ці фактори помітного впливу не мають.

Ступінь стиску помітно впливає на склад відпрацьованих газів, причому для дизельних і бензинових ДВЗ по-різному.

Збільшення ступеня стиску бензинового ДВЗ призводить до підвищення концентрації  $\text{N}_x\text{O}_y$  на бідних паливно-повітряних сумішах і збільшення виходу  $\text{C}_n\text{H}_m$ . Однак при цьому навіть в області багатих сумішей зменшується викид  $\text{CO}$ .

При підвищенні ступеня стиску дизельного ДВЗ, особливо на малих навантаженнях і частотах обертання колінчастого валу, скорочуються викиди  $\text{CO}$  і  $\text{C}_n\text{H}_m$ . Однак при цьому спостерігається зростання викиду  $\text{N}_x\text{O}_y$ . Утім, цей негативний прояв усувається підбором певного поєднання інтенсивності вихрового руху заряду і параметрів впорскування палива.

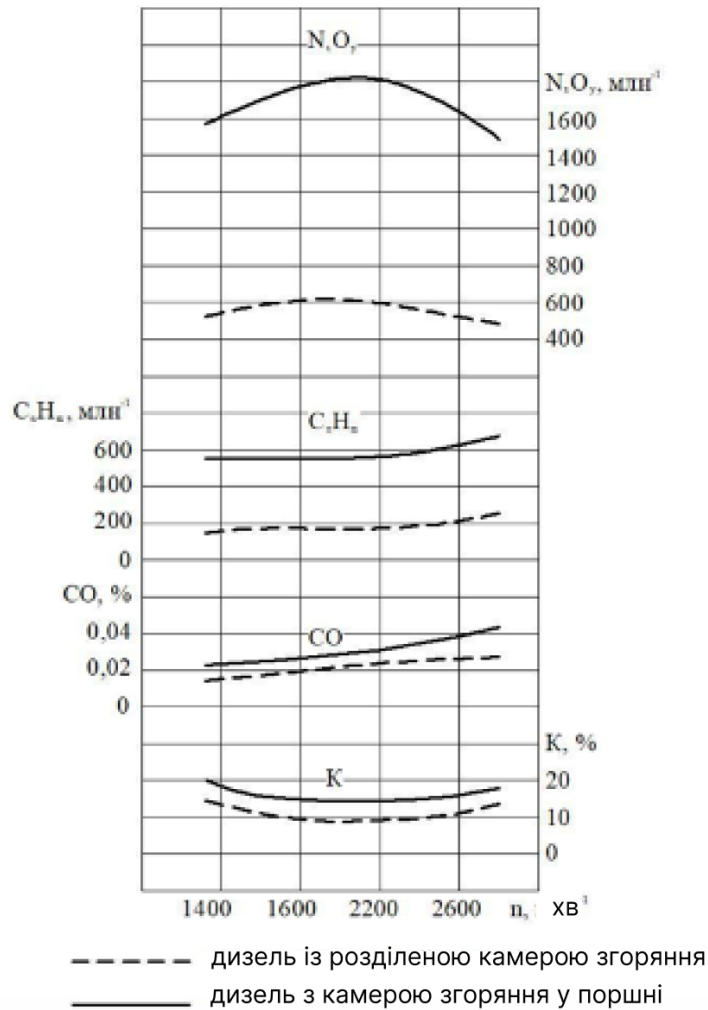


Рис. 1.3. Димність і токсичність ВГ [4]

До основних параметрів впорскування палива належать тиск і кут випередження.

Збільшення тиску впорскування за незмінного діаметра соплових отворів розпилювача дає змогу пізніше розпочинати впорскування, залишаючи незмінним його закінчення, що супроводжується зменшенням викиду  $N_xO_y$  і димності відпрацьованих газів.

При зменшенні кута випередження впорскування утворення  $N_xO_y$  значно сповільнюється. Однак при цьому збільшується викид  $C_nH_m$ , CO і димність відпрацьованих газів (рис.1.4). Слід також пам'ятати, що за надмірного зменшення кута випередження впорскування істотно погіршуються економічні та енергетичні показники роботи дизеля. Аналогічне значення (щодо складу ВГ)

для бензинових ДВЗ має кут випередження запалювання. Зміна поблизу його оптимального значення (з погляду економічності роботи двигуна) майже не впливає на концентрацію CO і  $C_nH_m$ , проте зі збільшенням кута концентрація  $NxOy$  зростає і особливо помітно в царині бідних сумішей. Відступ від рекомендованих для цього двигуна кутів випередження запалювання в бік пізніших сприяє зниженню викидів  $NxOy$ , але водночас погіршуються й економічні показники.

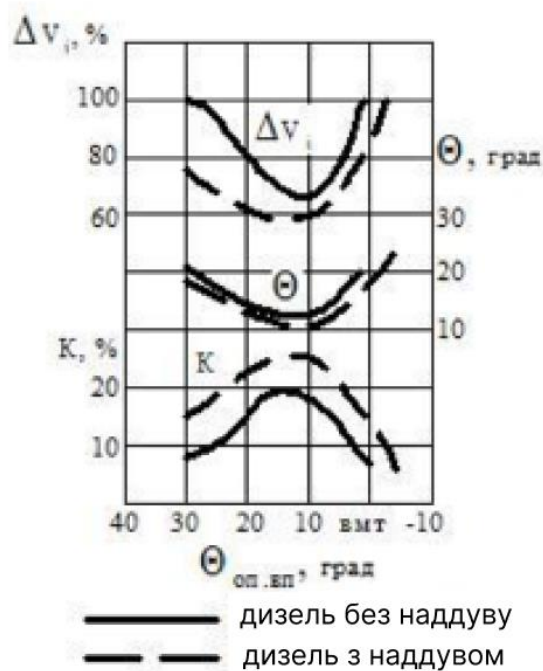


Рис. 1.4. Вплив кута випередження впорскування на димність ВГ (камера згоряння в поршні) [4]

Робота з надмірно раннім запалюванням неприпустима, оскільки при цьому збільшується викид  $NxOy$  і погіршуються інші показники.

Експлуатаційні чинники, пов'язані з умовами експлуатації та технічним станом ДВЗ, так само як і конструкційні чинники, впливають на склад ВГ.

Вплив умов експлуатації проявляється через режим роботи ДВЗ.

На рис.1.5, а, б показано діапазони вмісту токсичних компонентів і зміну димності відпрацьованих газів дизелів із різними способами сумішоутворення залежно від режиму роботи.

У разі збільшення навантаження дизеля ( $p_e > 0,4 \dots 0,5$  МПа) зростає викид CO і різко підвищується димність відпрацьованих газів. При цьому зростання виходу  $NxOy$  сповільнюється або навіть припиняється. Навпаки, інтенсивне утворення  $NxOy$  відбувається в області малих і середніх навантажень.

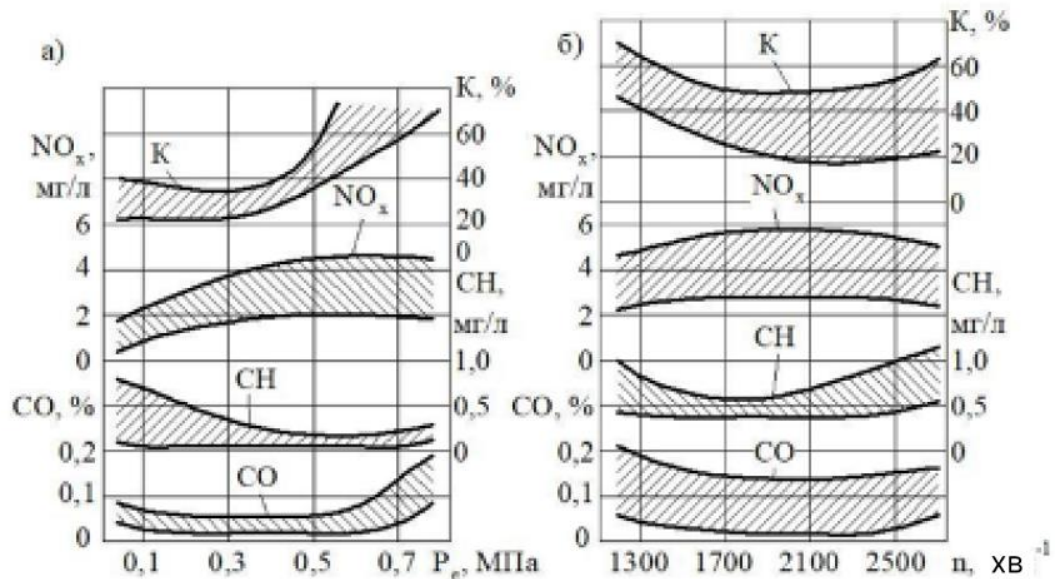


Рис.1.5. Вплив навантаження (а) і частоти обертання (б) на токсичність чотиритактних дизелів [4]

Збільшення частоти обертання до 2000  $хв^{-1}$  призводить до зниження димності відпрацьованих газів, до того ж більш інтенсивно (в 1,5 ... 2,0 раза) - у дизелях із камерою згоряння в поршні. Однак за  $n > 2000$   $хв^{-1}$  димність знову дещо зростає. На утворення  $NxOy$ , CO і  $CnHm$  частота обертання впливає слабо.

У період розгону автомобіля з дизелем, особливо якщо він має турбонаддув, значно зростає димність відпрацьованих газів. Водночас має місце лише відносно невелике збільшення концентрації CO,  $CnHm$  і  $NxOy$ .

Зміна частоти обертання і навантаження меншою мірою позначаються на токсичності відпрацьованих газів бензинових ДВЗ, що є наслідком кількісного регулювання, коли змінюється тільки кількість, але не склад паливно-повітряної суміші, яка близька до стехіометричної. Тож загальний викид токсичних речовин

визначається більшою мірою кількістю паливно-повітряної суміші, що надійшла в циліндри бензинового ДВЗ. Виняток становлять режими пуску і прогріву холодного двигуна, а також потужні режими, коли подається багата суміш.

Погіршення технічного стану двигуна та порушення регулювань призводить до збільшення токсичності та димності відпрацьованих газів. До таких наслідків призводить порушення нормальної роботи газорозподільного механізму та циліндропоршневої групи двигуна, а також апаратури, що подає паливо, внаслідок втрати герметичності клапанів, спрацьовування деталей, погіршення характеристик впорскування, рівномірності розпилювання та подачі палива через розпилювачі форсунок.

Наприклад, у зношеному двигуні в пристінкову зону циліндра потрапляють частинки мастила, що збільшує викид бензапірену у 8...10 разів.

Перевищення гранично-допустимих значень CO у відпрацьованих газах бензинових ДВЗ може бути спричинене такими причинами [5]:

- забруднення повітряного фільтра (карбюраторна система живлення);
- несправність карбюратора або його невідповідне регулювання;
- несправність датчика температури ДВЗ (інжекторна система живлення);
- несправність витратоміра повітря (інжекторна система живлення);
- несправність системи холодного пуску ДВЗ (інжекторна система живлення); - несправність живлення);
- несправність, засмічення і закоксування паливних форсунок;
- підвищений тиск палива в системі (інжекторна система живлення);
- несправність датчика контролю вмісту кисню у відпрацьованих газах (інжекторна система живлення).

Перевищення гранично-допустимих значень  $C_nH_m$  у відпрацьованих газах бензинових ДВЗ може бути спричинене такими причинами [5]:

- дефекти клапанів і гідрокомпенсаторів, невідповідне регулювання теплових зазорів клапанів у газорозподільних механізмах без гідрокомпенсаторів, невідповідне регулювання фаз газорозподілу, зокрема

несправність механізмів ступеневої або безступеневої регулювання фаз газорозподілу;

- перезбагачення паливно-повітряної суміші як у зв'язку з невідповідним регулюванням, так і з наявністю витоків у системі паливоподачі;

- несправність системи запалювання, а саме: перебої в іскроутворенні, невідповідний кут випередження запалювання;

- несправність датчика контролю вмісту кисню у відпрацьованих газах (інжекторна система живлення);

- підвищений знос деталей газорозподільного механізму і циліндропоршневої групи двигуна і, як наслідок, невідповідна компресія.

Причинами підвищеної димності відпрацьованих газів є різні несправності дизельної паливної апаратури. Наприклад: втрата герметичності та витоків в системі подачі палива; забруднення фільтрів; потрапляння оливи до турбонагнітача; зношення або невідповідне регулювання плунжерних пар паливного насоса високого тиску; втрата герметичності паливних форсунок та зниження тиску початку підйому голки; зношення вихідних отворів паливних форсунок, їхнє засмічення або закоксовування.

Викид  $\text{N}_x\text{O}_y$  зі збільшенням ресурсу ДВЗ (як бензинового, так і дизельного) і пов'язаного з ним погіршенням технічного стану та порушенням регулювань змінюється незначною мірою, причому, як правило, у бік зменшення. Цей факт пояснюється прямою залежністю виходу  $\text{N}_x\text{O}_y$  від максимальної температури циклу згоряння в циліндрах двигуна. В умовах зношеного ДВЗ із наявністю великої кількості несправностей порівняно з новим двигуном спостерігається найгірше згоряння, тобто згоряння за найменшої максимальної температури циклу, що і визначає зниження концентрації  $\text{N}_x\text{O}_y$  у відпрацьованих газах.

Погіршення технічного стану двигуна та порушення регулювань призводить до збільшення токсичності та димності відпрацьованих газів. До таких наслідків призводить порушення нормальної роботи газорозподільного



механізму та циліндропоршневої групи двигуна, а також апаратури, що подає паливо, внаслідок втрати герметичності клапанів, спрацьовування деталей, погіршення характеристик впорскування, рівномірності розпилювання та подачі палива через розпилювачі форсунок.

Окремо слід сказати про викид парникових газів з ВГ ДВЗ. Кількість CO<sub>2</sub> прямо пропорційно залежить від витрати палива. Причому вищий вміст CO<sub>2</sub> в ВГ є наслідком ефективнішого згоряння палива і відсутності несправностей у ДВЗ. Таким чином, зниження кількості викидів CO<sub>2</sub> зводиться до скорочення витрат пального за рахунок вдосконалення конструкції та оптимізації режимів роботи автомобільних силових установок, що також належить до управління конструктивними та експлуатаційними факторами. Крім того, значний позитивний ефект має використання альтернативних видів палива і джерел енергії, особливо водню, що не має у своєму складі вуглецю - джерела утворення CO<sub>2</sub>.

Аналогічні чинники визначають рівень екологічної небезпеки автомобіля за рівнем зовнішнього шуму. Меншою мірою впливають вид і якість палива. Так газ замість традиційного палива дає змогу знизити рівень шуму на 3...4 дБА. Більшою мірою впливають конструктивні та експлуатаційні чинники, зокрема конструкція і технічний стан системи випуску ВГ, матеріали і технології, що застосовуються під час виготовлення автомобільних шин.

## **1.2. Автотранспортний потік, як джерело забруднення навколишнього середовища**

До даних факторів забруднення довкілля належать склад, інтенсивність, швидкість і прискорення руху автотранспортного потоку. На перехресті на режим руху і, відповідно, на кількість викидів забруднюючих речовин (ЗГ), впливають як параметри самого перехрестя (його розміри, види розв'язок,

кількість смуг для руху), так і інтенсивність руху АТЗ. Кількість викидів ЗГ на перегонах без світлофорів у 5...8 разів нижча, ніж у вузлах [6].

Рівень шуму автотранспортного потоку визначається інтенсивністю і складом (частками вантажних автомобілів і автобусів у потоці) [6], рис.1.6.

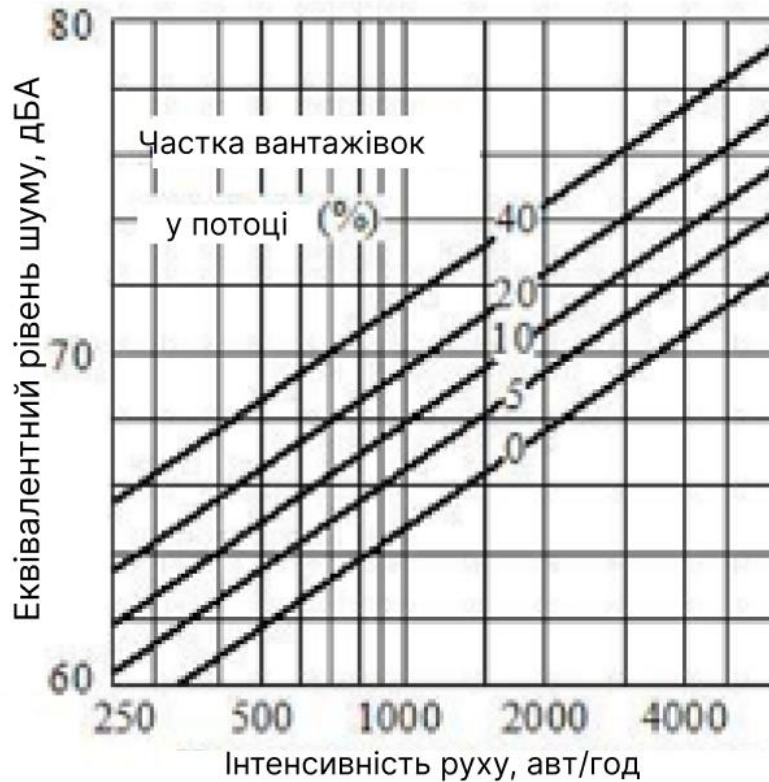


Рис. 1.6. Залежності рівня шуму від інтенсивності та складу транспортного потоку (на відстані 40 м від середини найближчої смуги руху)

Транспортний шум посилюється: 1) у разі збільшення середньої швидкості потоку; 2) у разі різкої зміни режиму руху транспорту (розгін, гальмування, обгін, зупинка впливають у межах 2...3 дБА); 3) під час перетину в різних рівнях і злиття потоків однакової інтенсивності та складу на перехрестях із регульованим рухом (у межах 3 дБА).

Функціонування автотранспортних потоків супроводжується викидом дисперсних частинок, джерелами утворення яких є не тільки ДВЗ (сажа, оксиди

металів). Склад частинок формується також у результаті зношування гальмівних механізмів, шин, дорожнього покриття (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Частка утворення дисперсних частинок (ДЧ10) від джерел АТК [7]

Хімічний склад частинок РМ залежить від джерела утворення (рис.1.8), як, у принципі, і їхні розмірні фракції (рис. 1.9).

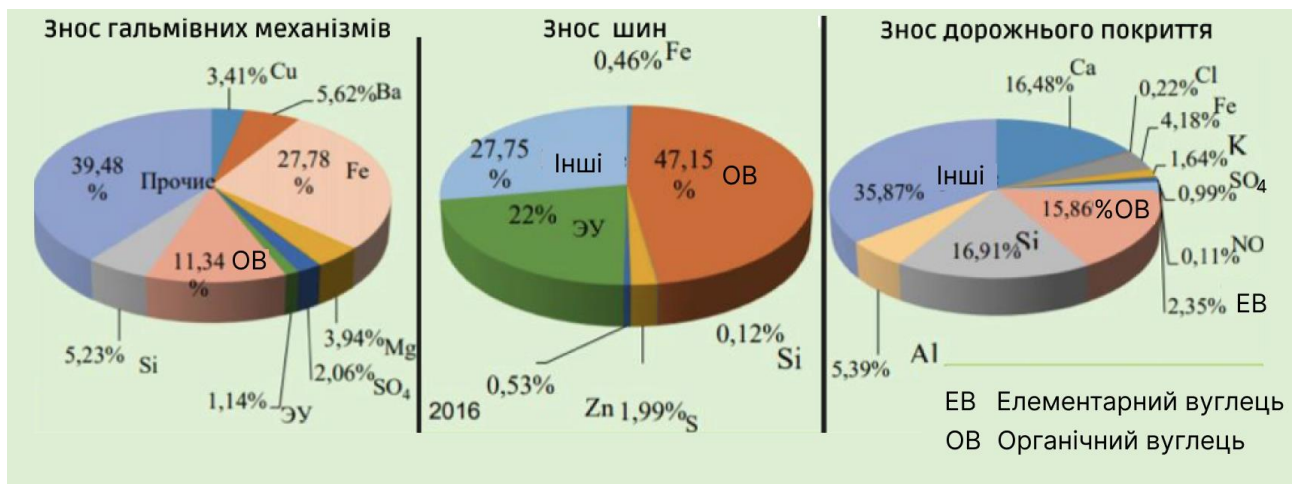


Рис. 1.8. Склад дисперсних часток у повітрі на вулично-дорожній мережі [7]



Рис. 1.9. Частки окремих фракцій дисперсних частинок від шин і дорожнього покриття, %, [7]

ТСП (загальний пил) - сума зважених речовин, що містить усі частинки, які є в повітрі; ДЧ10 - дисперсні частинки з аеродинамічним діаметром менш як 10 мкм; ДЧ2,5 - дисперсні частинки з аеродинамічним діаметром менш як 2,5 мкм (під аеродинамічним діаметром розуміють діаметр частинки із густиною 1 г/см<sup>3</sup>, що рухається з тією самою швидкістю за даних умов, що й частинка, яку ми розглядаємо).

Найбільшу небезпеку становлять дрібнодисперсні частинки. При цьому аеродинамічний діаметр у діапазоні від 2,5 до 10 мкм характерний для грубої фракції.

Кількість викидів дисперсних частинок визначається такими параметрами функціонування автотранспортних потоків, як склад, інтенсивність, швидкість і прискорення руху. На розсіювання дисперсних частинок в атмосфері впливають метеоумови, геометричні параметри автомобільних доріг, оформлення придорожньої території.

### 1.3. Автомобільна дорога, як джерело забруднення навколишнього середовища

Автотранспортний потік є джерелом переважно хімічних і фізичних забруднень навколишнього середовища. У сукупності ж з автомобільною дорогою, як інженерною спорудою, він утворює також біоценотичне та стаціонарно-деструктивне забруднення (рис. 1.10).



Рис.1.10. Автомобільна дорога - джерело забруднення навколишнього середовища [6]

Перший вид впливу пов'язаний із виробництвом дорожньо-будівельних матеріалів (кам'яних матеріалів, піску, щебеню, ґрунту), конструкційних матеріалів (чорних, кольорових металів, пластмас, цементу, бітуму), експлуатаційних матеріалів (палив, мастил, протижелезних реагентів, біопрепаратів, пестицидів), енергоресурсів. Процес виробництва матеріалів та енергоресурсів для спорудження автомобільних доріг, а також їх будівництво

супроводжується також вилученням земельних ресурсів, споживанням води, кисню повітря, впливом на родючий шар ґрунту.

Другий вид впливу пов'язаний із фізичною наявністю, спорудженням і використанням автомобільної дороги і представлений локальними ландшафтними, гідрологічними та кліматичними змінами довкілля.

Третій вид впливу у своїй основі має ті ж самі причини, що й другий, але відноситься більше до соціального, ніж природного довкілля. Інакше кажучи, створення автомобільної дороги та придорожньої інфраструктури вносить зміни в традиційний уклад життя і природокористування місцевого населення.

Четвертий вид впливу пов'язаний із забрудненням хімічними речовинами, дисперсними частинками, твердими відходами повітря, води, ґрунту. Тут необхідно відзначити і фізичні негативні фактори: шум, динамічний, електромагнітний та іонізуючий вплив рухомих машин і механізмів на компоненти довкілля, населення і тваринний світ. Усе це в сукупності погіршує здоров'я населення, знижує родючість сільськогосподарських земель, біопродуктивність природних ландшафтів і водойм.

Джерелами впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище є: рухомі АТЗ, будівельно-дорожні машини та обладнання в технологічних процесах будівництва, реконструкції, експлуатації, утримання та ремонту доріг; підприємства дорожнього господарства та дорожнього сервісу, що знаходяться в придорожній смузі.

Автомобільні дороги є потужним джерелом утворення пилу (TSP) у приземному повітряному шарі [1]. Під час руху автомобілів відбувається стирання дорожніх покриттів і автомобільних шин, продукти зносу яких змішуються з твердими частинками відпрацьованих газів. До цього додається бруд, занесений на проїжджу частину з прилеглого до дороги ґрунтового шару. У результаті утворюється пил, що піднімається в повітря. Він може переноситися вітром на відстані від кількох до сотень кілометрів. Хімічний склад і кількість

такого пилу залежать від стану та матеріалів дорожнього покриття, виду пального та ґрунту, прилеглого до дорожнього полотна простору.

Таким чином, факторами, що впливають на рівень екологічної небезпеки автомобільної дороги, є: протяжність, ширина і матеріал дорожнього полотна; оформлення, ступінь забудови та освоєння придорожньої території; склад, інтенсивність і швидкість руху автотранспортного потоку; метеоумови. Для урбанізованих територій рівень екологічної небезпеки автомобільної дороги визначається також забруднювальним фоном стаціонарних джерел.

#### **1.4. Підприємства автомобільного транспорту, як джерела забруднення навколишнього середовища**

Підприємства автомобільного транспорту, як джерела забруднення довкілля, являють собою території з розміщеними на них будівлями і спорудами з технологічним обладнанням. Функціонуючі одиниці технологічного обладнання являють собою джерела виділення забруднювальних речовин, акустичних та електромагнітних полів, споживання енергетичних і матеріальних ресурсів. Сукупність таких джерел утворює більші джерела забруднення довкілля - виробничі зони, цехи, відділення та ділянки підприємств. Загалом самі підприємства є площинними джерелами забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунту за рахунок викидів і скидів забруднювальних речовин, утворення відходів, акустичних та електромагнітних полів, споживання енергетичних і матеріальних ресурсів. Причому склад і кількість забруднень залежить від специфіки технологічних процесів і потужності виробництва. За цією ознакою необхідно виділити підприємства автомобілебудування, автотранспортні та ремонтно-обслуговувальні підприємства.

Виробництво АТЗ, дорожньо-будівельної техніки та експлуатаційних матеріалів пов'язане зі споживанням природних ресурсів, ландшафтними та іншими порушеннями під час розроблення та видобутку корисних копалин,

технологічними забрудненнями підприємств нафтохімії, нафтопереробки, газової та металургійної промисловості.

На автотранспортних підприємствах, основним видом діяльності яких є перевезення вантажів і пасажирів (експлуатаційні АТП), забруднення пов'язані, здебільшого, з викидами забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферу, поширенням акустичних і електромагнітних полів. На автотранспортних підприємствах може здійснюватися також технічне обслуговування (ТО) і ремонт (Р) власного рухомого складу (комплексні АТП). Технологічні процеси ТО і Р протікають і на ремонтно-обслуговувальних підприємствах, з тією лише різницею, що вони входять в основний вид їхньої діяльності.

Стічні води, що утворюються в процесах ТО і Р, за джерелом походження та рівнем екологічної небезпеки поділяються на п'ять груп, рис. 1.11.

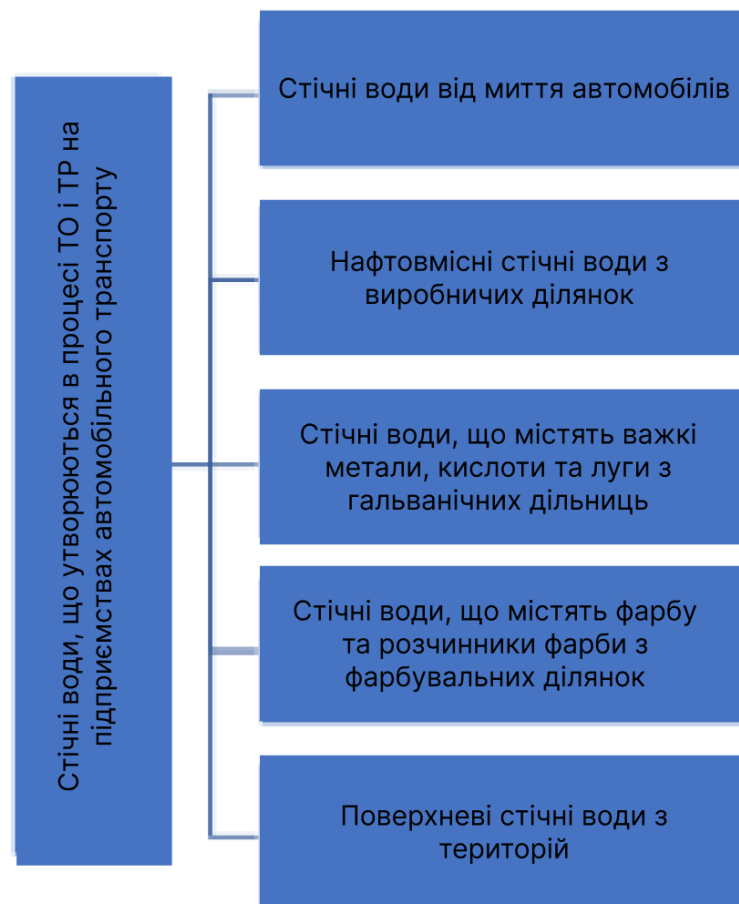


Рис.1.11. Стічні води підприємств автомобільного транспорту



Найбільший обсяг виробничих стічних вод (80-85 %) припадає на стічні води від миття автомобілів. Зважені частинки та нафтопродукти є основними їхніми забруднювачами, таблиця 1.1.

Таблиця 1.1.

Характеристика ступеня забрудненості стічних вод від миття автомобілів [1, 6].

Категорія автомобілів	Концентрації забруднень		
	Зважені речовини, мг/л	Нафтопродукти, мг/л	pH
легкові	400...600	20...40	7...8
автобуси	900...1300	20...50	7...8
вантажні малої вантажопідйомності	1400...1800	40...50	7...8
вантажні великої вантажопідйомності	2000...4000	50...150	7...8

Відпрацьовані моторні, трансмісійні та гідравлічні оливи, акумулятори та шини, гумотехнічні вироби, брухт чорних і кольорових металів становлять далеко не повний перелік відходів, що утворюються в процесі ТО і Р. На діаграмі, наведеній на рис. 1.12, [1, 6], показано питому масу утилізованих шин, що припадає на різні типи АТЗ.

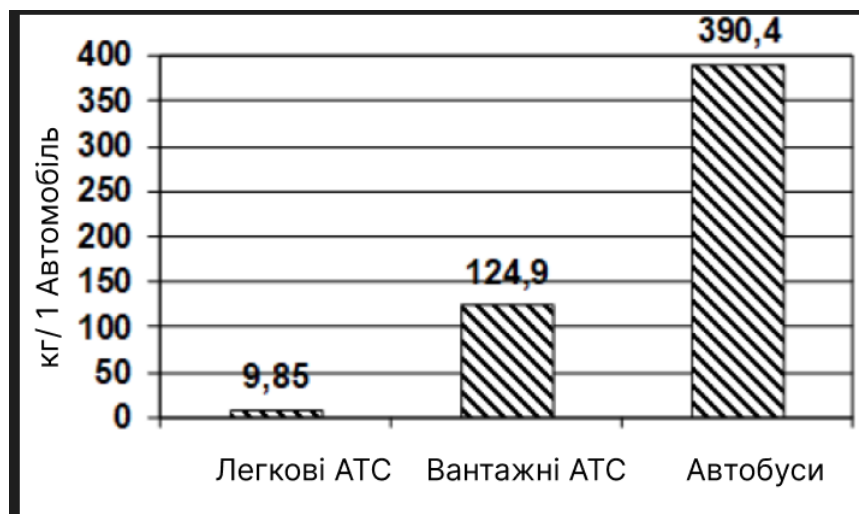


Рис. 1.12. Розподіл кількості утилізованих шин за типами АТЗ

Станції технічного обслуговування автомобілів є комплексними джерелами забруднення навколишнього середовища.

Крім ТО і Р АТЗ на ремонтно-обслуговувальних підприємствах здійснюють також зберігання (гаражі, стоянки), заправлення паливом (АЗС, АГЗС, АГНКС), постачання запасних частин та експлуатаційних матеріалів (автомагазини та авторинки). Аналогічні процеси тією чи іншою мірою характерні також і для автотранспортних підприємств. У сукупності всі вони становлять виробничо-експлуатаційну діяльність підприємств автомобільного транспорту, що супроводжується утворенням різних компонентів забруднення довкілля.

Таким чином, підприємства автомобільного транспорту є причиною низки серйозних екологічних проблем. Причому їхній внесок у забруднення довкілля зростає пропорційно збільшенню частки автотранспортних перевезень і зростанню кількості АТЗ. Важливо зазначити, що забруднення охоплює атмосферне повітря, поверхневі, підземні водні об'єкти, ґрунт і має хімічний, фізичний, біоценотичний і ландшафтний характер.

### **Висновки до першого розділу**

У розділі кваліфікаційної роботи виконано аналіз основних джерел забруднення довкілля, розглянуто фактори, що визначають процес забруднення атмосфери вулично-дорожньої мережі автотранспортним потоком та джерела впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ СПОСОБІВ СПРЯМОВАНИХ НА ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ВІД АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянемо детальніше способи, що дають змогу зменшити забруднення міст атмосферними викидами. Вибір способів зумовлений "застосовністю" різних рішень. Під "застосовністю" розуміється можливість впровадження конкретного способу у відносно короткий термін (кілька років) з урахуванням його потенціалу щодо скорочення викидів.

#### **2.1. Управління попитом на перевезення**

**2.1.1. Платний в'їзд.** Останніми роками платний в'їзд активно використовується в Лондоні та Гетеборзі. Уже кілька десятиліть цей механізм є предметом вивчення наукових співробітників і дослідників. За сприятливих умов (див. нижче приклад Сінгапуру) цей механізм може призвести до високих платежів за масштаб впливу на навколишнє середовище. Під час запровадження платного в'їзду існує низка стримувальних чинників, що стосуються політики (загальні цілі, соціальні компенсації тощо), методології (розрахунок плати за в'їзд, забезпечення еластичного попиту тощо) та практичного впровадження (тип системи збору платежів, правозастосування тощо). Водночас це один із механізмів, який може дати найбільш відчутні результати.

**2.1.1.1. Концепція.** Сінгапур і Лондон належать до числа найяскравіших прикладів міст, у яких запроваджено платний в'їзд. У Сінгапурі використовується складна електронна система стягнення плати з урахуванням відстані та часу, тоді як Лондон впровадив так звану "кордонну систему тарифікації", що встановлює певні межі для доступу навколо одного з центральних районів Лондона.

Оплата з урахуванням відстані (часу) - Сінгапур. Сінгапур розпочав реалізацію платного в'їзду (ТСЛ) у 1975 р. Потім удосконалював її і 1998 р. запровадив ЕТД. ТСЛ діяла в зоні обмеженого доступу навколо центрального ділового району і контролювалася в ручному режимі інспекторами, які стягували з усіх користувачів фіксовану плату за в'їзд у центральний район обмеженого доступу і штрафували порушників. Для жителів цього району винятків не було. Після різних змін зі схеми зрештою було виключено тільки спеціальний автотранспорт. ТСЛ дала змогу підвищити середню швидкість з 19 до 36 км/год. При цьому напруженість руху в ранкові години пік знизилася на 45%, а в'їзд автомобілів у зону обмеженого доступу зменшився на 70% (докладнішу інформацію див. у публікації (Santos/Frasier, 2005 р.) і в наведеній у ній літературі).

Із введенням у 1998 р. схеми ЕТД (рис. 2.1) плата за в'їзд стягується не на одній ділянці зі встановленими межами, а за напрямками руху. Години оплати змінюються, але, як правило, це 7.30 - 19.00 год. на центральних дорогах і 7.30 - 9.30 год. на швидкісних та об'їзних дорогах. З автомобілів, оснащених бортовим пристроєм із радіочастотною ідентифікацією (RFID-міткою), у який вставляється смарт-картка водія, плата за в'їзд стягується автоматично під час перетину порталу без необхідності гальмувати. Якщо під час проїзду автомобіля через робочий портал ЕТД смарт-картку встановлено неналежним чином або залишок на картці не дає змоги здійснити оплату, контрольні цифрові камери фотографують задній номерний знак, і потім власнику машини виставляють штраф. Єдиним винятком є спеціальні автомобілі.



Рис. 2.1. Портал ЕТД у Сінгапурі з датчиками радіочастотної ідентифікації

Тарифи ЕТД, зазначені на веб-сайті Управління наземного транспорту, варіюють залежно від типу транспортного засобу, часу доби та місцезнаходження порталу. З лютого 2003 р. запроваджено диференційовану ставку ЕТД, згідно з якою в перші п'ять хвилин часового проміжку стягують підвищену оплату для того, щоб водії, прагнучи уникнути вищої оплати, не збільшували швидкість і не гальмували. Наприклад, на деяких порталах, де з 8.30 до 9.00 год. з пасажирських автомобілів стягувалося 1,50 сінгапурського долара, а з 9.00 до 9.30 год. - 0,50 сінгапурського долара, тепер оплата становить 1 сінгапурський долар з 8.30 до 38 Підходи до скорочення викидів від транспорту в період з 8.35 год. до 8.55 год., 1,50 сінгапурського долара з 8.35 до 8.55 год. і 1 сінгапурський долар з 8.55 до 9.00 год. Після чого вона знижується до 0,50 сінгапурського долара (див. це положення в публікації Santos/Frasier, 2005 р.). Наразі Управління наземного транспорту Сінгапуру 2 розглядає питання про розроблення ЕТД нового покоління (ЕТД II). Оскільки перевантаженість вуличного руху постійно зростає, для розв'язання цієї проблеми недоцільно продовжувати встановлення фізичних порталів. Крім того, стягування оплати ЕТД на окремих порталах призводить до негативних наслідків, наприклад до

перевантаження прилеглих другорядних доріг і заторів у житлових районах. Очікується, що ЕТД II дасть змогу розв'язати такі проблеми завдяки стягненню на перевантажених ділянках доріг і автомагістралей плати за в'їзд залежно від відстані. Ця система буде більш об'єктивною та економічно ефективною порівняно з наявною системою "точкової" оплати, згідно з якою автомобілісти зобов'язані платити залежно від кількості порталів, через які вони проїжджають, а не від пройденої відстані на перевантаженій дорозі. Ба більше, з водіїв, які виїжджають на перевантажену дорогу, проїхавши чер

Кордонна плата (Лондон). У 2002 р. було запроваджено Систему платного в'їзду в Центральний Лондон, згідно з якою з автомобілів, що в'їжджають у центральний діловий район Лондона, стягувалася одноразова плата в розмірі 5 фунтів стерлінгів на добу. У 2005 р. цю суму було збільшено до 8 фунтів стерлінгів, що призвело до подальшого зменшення кількості транспортних засобів у зазначеному районі.

Державна установа Transport for London (Транспорт для Лондона) запровадила пільгу для "зелених" транспортних засобів (ЗЗТЗ), згідно з якою всі автомобілі, вихлопні гази яких містять CO<sub>2</sub> в межах 100 г/км і які відповідають стандарту якості повітря ЄВРО 5, звільняються від плати за в'їзд. У цьому випадку також потрібна реєстрація, вартість якої становить 10 фунтів стерлінгів на рік. У зв'язку з тим, що очікується надходження на ринок нових електромобілів і гібридних електромобілів з підзарядкою від мережі, які виробляють значно менше вихлопів, критерії для надання пільги переглядатимуться, щоб з часом знизити пільговий рівень вихлопів до 80 г/км або менше. Таким чином, Transport for London поєднує різні механізми в рамках однієї основної системи збору платежів.

2.1.1.2. Оцінка. Залежно від застосовуваної технології платний в'їзд - це механізм, який дає змогу використовувати істотну диференціацію цін відповідно до часу, відстані, типу транспортного засобу тощо. Водночас цей механізм потребує значних інвестицій для забезпечення контролю доступу та обладнання

для реєстрації автомобілів, інструментів для опрацювання та зберігання відповідних даних, а також відповідних адміністративних структур. Хоча платний в'їзд довів свою ефективність і наочність як механізм стягнення оплати з користувачів і підвищення інформованості щодо зовнішніх витрат, пов'язаних з водінням, фактичний потенціал скорочення викидів, як і раніше, потребує підтвердження. Загалом можна виокремити такі переваги та недоліки розглянутого механізму.

**2.1.2. Податкова політика, орієнтована на скорочення викидів.** До цього механізму існують два основні підходи - зменшення субсидій (тобто податкових пільг) або підвищення податків на технології, пов'язані з великим обсягом викидів, і зменшення податків або введення податкових пільг для більш екологічно чистих технологій.

2.1.2.1. Концепція. Говорячи про податкове регулювання, можна виділити дві основні сфери: виробництво палива і паркування. Якщо податки на викопне паливо впливають на всі традиційні транспортні засоби, то податкові пільги на вартість стоянки можна застосувати до всіх користувачів паркувальними місцями. Субсидії на виробництво палива (США). Субсидування транспорту, що працює на викопному паливі, часто починається з субсидування нафтовидобутку, зокрема нафторозвідки або імпорту. Наприклад, незалежні нафтовидобувні компанії у США можуть утримувати витрати, пов'язані з розвідкою та бурінням нафтових свердловин. Багатогалузеві нафтові компанії можуть утримувати 70% таких витрат і відшкодовувати решту 30% протягом 5 років завдяки податковій знижці на виснаження природних ресурсів. Оскільки ці витрати виникають до видобутку і відповідно відносяться до майбутньої продукції, при плановій ліквідації свердловини податкові правила розглядають їх як капітальні витрати і дозволяють податкову знижку, пов'язану з виснаженням запасів, тільки після вилучення ресурсів зі свердловини (Brookings/WRI, 2007 p.). Без таких субсидій фактична собівартість видобутку

палива покладалася б на споживачів, і інші види палива могли б стати більш привабливими для користувача.

Податкові пільги на вартість стоянки (США). Однією зі сфер, у якій у низці країн надаються значні податкові пільги, є паркувальне місце. Наприклад, у США компанії можуть утримувати з податків витрати на надання персоналу паркувальних місць. У 2007 р. діяли звільнені від податків ліміти на ОТ і спільне користування автомобілем у розмірі 110 дол. США на місяць, а також на паркування в розмірі 215 дол. США на місяць (Brookings/WRI, 2007 р.). Від цього виграють користувачі автомобілів, а не ОТ. Скасування податкових пільг на паркувальне місце, окрім усунення такої дискримінації, послугувало б стимулом для використання ОТ і переклало б повну вартість землекористування на користувачів. У зв'язку з цим слід мати на увазі, що вартість стоянки становить приблизно 17% від загальної вартості придбання та експлуатації автомобіля, тому зниження субсидій на паркування змусило б власників транспортних засобів передати цю частку витрат суспільству.

2.1.2.2. Оцінка. Хоча розглянуті механізми можуть залежати від стратегії, їхня перевага полягає в тому, що вони призводять до збільшення доходів держави. Додаткові кошти можуть бути використані для фінансування екологічно чистих технологій. З адміністративного погляду і в плані витрат на впровадження податкові режими досить привабливі, оскільки можуть запроваджуватися централізовано і не потребують інвестицій.

**2.1.3. Спільне користування автомобілем.** Спільне користування автомобілем може бути організовано на індивідуальній основі, зазвичай між колегами, які дістаються до місця роботи на тривалі відстані, або через майданчики, на яких представлено попит і пропозицію, як правило, інтернет-майданчики.

2.1.3.1. Концепція. Для людей, які регулярно їздять на своєму автомобілі за одним маршрутом, спільне користування одним транспортним засобом може бути вигідним з погляду витрат і, можливо, соціальних чинників. Це може



досягатися шляхом почергового водіння автомобіля, коли кожен учасник своєю чергою здійснює поїздки власною автівкою і підвозить інших, або одна особа веде автівку, а решта оплачують цю послугу. Розвитку подібної системи можуть сприяти компанії, які за адресами заїжджають за людьми, що живуть по сусідству. Найчастіше групи спільних користувачів автомобілями створюються самостійно, оскільки належне функціонування такого механізму залежить від безлічі особистісних та організаційних чинників. Компанії можуть також пропонувати кращі паркувальні місця для спільних користувачів (наприклад, ближче до місця роботи).

Альтернативним підходом є пропозиції спеціальних ринкових майданчиків. Сьогодні такі майданчики, як [www.carpooling.co.uk](http://www.carpooling.co.uk) (ЄС) або [www.erideshare.com](http://www.erideshare.com) (США), ґрунтуються на використанні інтернету (рис. 2.2.2), але в минулому існували й телефонні служби, що надавали послуги за адміністративний внесок.

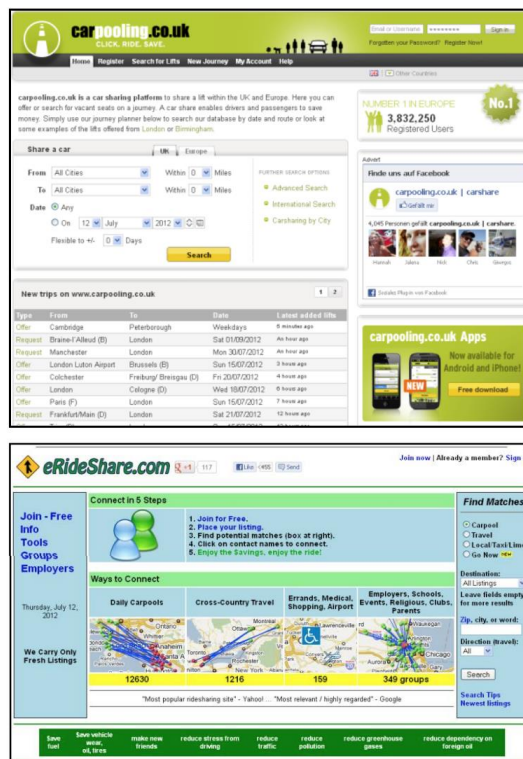


Рис. 2.2. Приклади сайтів спільної експлуатації автомобілів у Великій Британії та США

Люди, які бажають підвезти попутників, можуть розмістити свої пропозиції в інтернеті, вказавши пункти відправлення і прибуття, час виїзду, ціну, кількість вільних місць в автомобілі тощо. Якщо пропозиція влаштовує користувачів, вони зв'язуються з постачальниками послуг. Ця послуга дає змогу організувати регулярні поїздки, але особливо вигідна під час поїздок на далекі відстані та нерегулярних поїздок, адже водії та пасажери можуть узгодити поїздку завчасно за кілька днів електронною поштою або телефоном.

2.1.3.2. Оцінка. Для забезпечення працездатності системи спільного користування автомобілем потрібні інформованість користувачів і базова культура поваги, чесності та пунктуальності. Для жителів передмість, які добираються на роботу до міста, істотним фактором є збіг годин роботи. Для життєздатності електронних майданчиків важливо забезпечити надійність (стан автомобіля, стиль водіння, страхування) і безпеку (відсутність крадіжок з боку водіїв або пасажирів). У зв'язку з динамічним характером інтернет-майданчиків спільного користування автомобілями та розрізненими групами користувачів контролювати доступ до системи або її роботу складно. Однак подібні проблеми дають змогу розв'язати розроблення оцінювання користувача.

## **2.2. Організація дорожнього руху**

**2.2.1. Виділені смуги для руху автобусів/САТ.** Для скорочення часу перевезення громадськими автобусами можна передбачити смуги для виняткового користування цим видом транспорту. Можливі різні підходи до цієї проблеми та рівні виділення.

2.2.1.1. Концепція. Виділення смуг, призначених тільки для автобусів, найчастіше у вигляді системи САТ6, зарекомендувало себе ефективним підходом для збільшення продуктивності систем громадського транспорту. Створення окремої транспортної мережі дає змогу операторам точніше планувати і розробляти свої послуги за встановленими трасами. При цьому немає

необхідності враховувати інтенсивний перехресний рух. Існує багато варіантів компонування маршруту і конфігурації транспортного засобу, а також фактичних рівнів виділення. Такі часто згадувані системи швидкісного автобусного транспорту, як TransMilenio в Боготі (Колумбія) або Metrobús у Мехіко, є повністю виділеними, а проміжні рішення на кшталт систем у Нью-Йорку або Гамбурзі являють собою менш дорогі варіанти. Технічне рішення кожної системи необхідно ретельно співвіднести з потребами і можливостями відповідного міста і його жителів.

Система TransMilenio (Система TransMilenio - це комплексна система швидкісного автобусного транспорту, що використовує автобусні дороги, станції та термінали, пристосовані під багатомісні автобуси, а також здійснює перевезення на невеликих автобусах у передмістях за єдиними квитками (рис. 2.3). Першу чергу системи було побудовано в період з 1999 по 2002 р. У грудні 2000 р. систему було введено в експлуатацію. На сьогодні виконано етапи II і III, планується четвертий.

Міжміський зв'язок здійснюється зчленованими дизельними автобусами (стандарти ЄВРО 2 і 3) місткістю 160 пасажирів кожен. На деяких трасах із високою пропускнуою спроможністю працюють здвоєні автобуси, що вміщують до 240 пасажирів. Для додаткових автобусних ліній використовуються стандартні транспортні засоби.



Рис. 2.3. Поділ проїжджої частини TransMilenio

Деякі автобуси прямують із зупинками на кожній станції, інші працюють як експрес-служба, зупиняючись тільки в певних місцях. Пасажири здійснюють разову оплату при вході на станцію або термінал під час пересадки з додаткових автобусних ліній. Крім того, використовуються електронні квитки з вбудованими чіпкартами, які дають змогу здійснювати безготівкову оплату в міру необхідності. Оскільки всі станції та термінали є "повністю замкнутими", на всіх станціях можливі пересадки з маршруту на маршрут і з автобусів допоміжних ліній на міжміські автобуси.

Дорожні смуги для руху автобусів у Нью-Йорку. Дорожні смуги, виділені кольоровими лініями, смужками і тротуарами (рис. 2.4), покликані поліпшити транспортне обслуговування, яке забезпечують традиційними автобусами.

Це виділення можна використовувати по всій довжині автобусних маршрутів, на ділянках з особливою інтенсивністю руху або тільки на перехрестях. На практиці оформлення виділених смуг залежатиме від заторів, що виникають за нормальних умов, загальної щільності руху, цілей транспортної

політики та фінансування у відповідному місті. Якщо особливу проблему становить скупчення транспорту на світлофорі, додаткова смуга для автобусів може поліпшити сполучення тільки за рахунок того, що автобуси обганяють інші машини, які чекають зеленого сигналу світлофора. У разі проблемних лівих поворотів невелика ділянка смуги, виділеної кольором, може поліпшити не тільки роботу автобусів, а й весь транспортний потік.



Рис. 2.4. Виділені автобусні смуги на перехрестях у Нью-Йорку

Порівняно з виділенням смуг для САТ, розмітка дороги є дешевшою альтернативою, що підвищує гнучкість за рахунок того, що на зміну конструкції дороги потрібно менше часу. Крім того, розмітка може слугувати першим кроком у багатоетапному переході до системи САТ, наприклад дає змогу проінформувати населення про заплановані в перспективі зміни або апробувати розбивку траси, визначити її вплив на вуличний рух загалом.

2.2.1.2. Оцінка. Проведено великі дослідження й опубліковано численну літературу щодо різних типів систем САТ. З погляду пропускної спроможності та зручності, САТ є проміжним рішенням між традиційними автобусами і метрополітемом, і тому безпосередньо конкурують із системами легкорейкового транспорту. Нерідко САТ рекламують як економічно вигідну альтернативу

рейковим системам. Це, безумовно, вірно стосовно метрополітену, але на відміну від легкорейкового транспорту менш виражено. Переваги САТ порівняно з традиційними автобусами очевидні. Це і економія часу поїздки, і підвищена комфортність. При цьому найбільш важливими перевагами є надійність і безпека. Проблемою може стати недостатня проїжджа частина. Крім того, слід враховувати і тимчасовий вплив на зайнятість через витіснення дрібних приватних автобусних операторів.

Підвищенню ефективності систем САТ сприяють єдині квитки, які дають змогу користувачам, що живуть далеко від трас, доїхати сполучною гілкою ОТ до найближчої станції САТ, не купуючи додаткового квитка. Як і в будь-якій системі ОТ, важливо передбачити можливість безпечного та надійного проїзду "останньої милі" до кінцевого пункту призначення користувача. Тому якісні додаткові автобусні лінії та інфраструктура НМТ підвищують ефективність системи. Перед розробкою системи і в процесі її корисно розглянути взаємодію між САТ і територіальним плануванням (наприклад, поняття "планування, орієнтоване на перевезення").

**2.2.2. Єдина плата за проїзд, продаж і купівля квитків.** Необхідність купувати квиток на кожен вид транспорту слугує перешкодою для користувачів. Особливо це стосується тих випадків, коли автобусні перевезення здійснюють дрібні приватні оператори або коли необхідно змінювати види транспорту (наприклад, автобус - метро) і відсутній комплексний продаж і купівля квитків.

#### 2.2.2.1 Концепція

Користувачі можуть купити один квиток, який дійсний протягом усієї поїздки, незважаючи на використання різних видів транспорту на деяких відрізках шляху. Така поїздка може бути одиничною, в обидва кінці або багаторазовою. Можна придбати і проїзний квиток, обмежений у часі (наприклад, на тиждень або місяць). Подібний комплексний підхід вимагає єдиного постачальника послуг на всіх етапах поїздки або декількох перевізників, об'єднаних однією системою продажу (купівлі) квитків і розрахунків зі

споживачами. Якщо оператори об'єднані однією комплексною системою, для забезпечення вигод і зобов'язань кожного з партнерів необхідні належна координація і чіткий звід правил. Особливо важливо, щоб розподіл доходів і витрат, а також потенційних субсидій проводили прозоро під управлінням компетентної структури, як правило, асоціації або постачальника спеціалізованих послуг, що діє в рамках договору про розподіл прибутків. Основна характеристика системи - це проста і прозора структура тарифів для користувачів ОТ і децентралізація продажу квитків, яка забезпечує доступ до системи на будь-якій станції. Купівля (продаж) квитків електронним шляхом у поєднанні з поповнюваними смарт-картками або мобільними телефонами є новітніми розробками, що мають низку додаткових переваг як для користувачів, так і для постачальників послуг системи.

2.2.2.2. Оцінка. Ключова перевага комплексних систем купівлі (продажу) квитків полягає в забезпеченні більшої зручності для користувачів ОТ (а отже, і їхнього прийняття). Водночас для зміни поведінкової моделі операторів ОТ та сприяння довгостроковим перевагам системи потрібні значна підготовка та час.

## **2.3. Енергоефективність і паливо**

**2.3.1. Стандарти паливної ефективності.** Уряди можуть встановлювати планові показники або ліміти щодо ефективності традиційних автотранспортних засобів, які стимулюють або зобов'язують виробників скорочувати вихлопи автомобілів на кілометр пробігу. Цей підхід прийнято в ЄС і державах-членах ЄС, а також в інших країнах.

2.3.1.1. Концепція. Запровадження норм атмосферних викидів для автомобілів, як і інших технічних норм, спрямоване на досягнення загальноприйнятих порогових рівнів різних ПГ та твердих часток (PM<sub>x</sub>) з тим, щоб оцінити можливе забруднення довкілля транспортом. На практиці такі порогові рівні застосовують до різних типів транспортних засобів перед їхнім

централізованим ліцензуванням, причому не до кожного окремого автомобіля, а до всіх великосерійних типів. Можливість викидів оцінюється і класифікується за допомогою встановлених методів випробувань.

Норми ЄВРО належать до числа найбільш поширених у світі. Ці норми, запроваджені Європейською Комісією в 1992 р. і чинні донині, передбачають поступове скорочення таких основних атмосферних викидів, як CO, NO<sub>x</sub>, вуглеводню (НС) і РМ. Для легкових автомобілів (які поділяються на автомобілі з бензиновими і дизельними двигунами) діють норми ЄВРО 1-6, а для важких автомобілів вантажопідйомністю понад 3,5 т - норми ЄВРО I-VI. Останні і найбільш обмежувальні норми мають найвищі номерні коди. Ці норми прийняті в низці країн (наприклад, за межами Європи це - Індія і Китай) і часто слугують основою для технічних специфікацій громадських транспортних засобів (див. розділ 2.2.1). Норми ЄВРО є найважливішим фактором для запровадження податків на викиди забруднювальних речовин, екологічних зон з обмеженим доступом для автомобілів з високим об'ємом вихлопів та інших обмежень або пільтр, які мають відношення до забруднення довкілля.

2.3.1.2. Оцінка. Сьогодні стандарти паливної ефективності набули широкого поширення в усьому світі. Вони підвищують поінформованість покупців автомобілів про викиди і поєднуються з економічними стимулами, спрямованими на зменшення перевантаженості руху, наприклад, на зниження ліцензійних зборів і податків для малотоксичних транспортних засобів. Ці стандарти мають значний вплив на всіх користувачів. Перевірка та контроль за дотриманням стандартів можуть здійснюватися централізовано, що відносно здешевлює їх застосування. Водночас між стандартами ефективності та використанням транспортного засобу відсутній взаємозв'язок, а методи випробувань, що застосовуються для визначення паливної ефективності транспортного засобу (у грамах еквівалента CO<sub>2</sub> на 1 км), викликають сумніви, тобто результати таких випробувань суттєво відрізняються від отриманих на практиці.



Крім того, рівень вихлопних газів на 1 км пробігу змінюється протягом життєвого циклу транспортного засобу і підвищується з тривалістю використання автомобіля. Вплив стандартів паливної ефективності можна посилити за рахунок ініціатив, що підвищують інформованість, і податкових пільг.

**2.3.2. Навчання водіїв.** Характер водіння чинить значний вплив на витрату палива та вихлопи транспортного засобу. Найважливішими факторами у вирішенні цієї проблеми є обізнаність про екологічні проблеми та уважне водіння.

2.3.2.1. Концепція. У школах водіння багатьох країн перед іспитами з водіння проводять навчання навичкам економічного та екологічного водіння, а питання захисту довкілля введено в тестування водія. Завдяки включенню зазначених аспектів у базове навчання водіїв і ліцензування всі водії, які пройшли навчання останнім часом, мають певне уявлення про ступінь шкоди, яку автомобілі можуть заподіяти навколишньому середовищу.

Водночас ця інформованість з часом, як правило, потребує оновлення та перенавчання водіїв. Для приватних водіїв перенавчання - явище рідкісне, за винятком тих випадків, коли вони самі стурбовані охороною довкілля або прагнуть заощадити на витратах на експлуатацію і техобслуговування транспортного засобу. Однак багато водіїв, які працюють у комерційному або державному секторах, проходять перепідготовку. Наприклад, німецька поштова служба DHL має велику програму навчання своїх водіїв, кошти на яку заробляють за рахунок експлуатації великого автопарку в складі 120 000 автомобілів. Досвід показує, що для підтримання економічного та екологічного водіння автомобіля перепідготовку слід проводити кожні 3-6 місяців.

Вимоги до екологічного водіння для водіїв можна згрупувати таким чином:

Контролювати швидкість відповідно до обставин і дивитися вперед.

Використовувати гальмування якомога рідше.

Переходити на вищу передачу завчасно, щоб зберегти низькі оберти двигуна.

Використовувати відповідні шини, необхідний тиск у них, мастило та мастильні матеріали з низьким опором.

Уникати багажників на даху, полиць для багажу або вантажів, які не обов'язкові тощо.

2.3.2.2. Оцінка. Цей механізм відносно просто застосувати шляхом запровадження відповідних вимог, навчальних матеріалів у базове навчання водіїв та ліцензування.

Переваги механізму для організацій, виконання завдань або діяльність яких залежать від роботи водіїв, очевидні.

**2.3.3. Ліцензування транспортних засобів.** Стимулом для використання малотоксичних транспортних засобів може слугувати диференціація розміру ліцензійного збору відповідно до технічних стандартів і норм викидів.

2.3.3.1. Концепція. Купуючи автомобіль, власник повинен зареєструвати його і заплатити ліцензійний збір за право експлуатації. Це може бути разовий або повторюваний збір, який підлягає оплаті щорічно, у проміжку між контрольними оглядами або з іншою періодичністю. Крім розмірів двигуна і транспортного засобу, а також певних технічних аспектів (кількості мостів тощо) або призначення, під час визначення розміру ліцензійного збору можуть враховуватися тип пального, кількість і якість викидів: що більше викидів, то вищий збір. У ЄС виробники повинні надавати дані про викиди CO<sub>2</sub> для кожного типу транспортного засобу, які визначаються відповідно до чинної методики випробувань (див. розділ 2.2.1). Виробники більш економічних автомобілів також використовують цю інформацію для залучення клієнтів, які дбають про довкілля. Державні органи розробляють класифікацію кількостей викидів, визначають розмір зборів, що підлягають оплаті, та публікують ці дані.

2.3.3.2. Оцінка. За функціонуючої системи ліцензування розглянутий механізм відносно просто застосувати на адміністративному рівні, якщо не брати

до уваги політичний опір. Водночас цей інструмент доволі ненадійний, оскільки не відображає фактичного використання транспортного засобу. Це означає, що позашляховик, який є серйозним забруднювачем, але проїжджає лише 5000 км/рік, може вважатися менш забруднюючим, ніж міський малолітражний автомобіль з пробігом 40 000 км/рік.

Загалом можна очікувати, що вищі ліцензійні збори не стануть перешкодою для багатьох потенційних покупців під час вибору автомобілів із високим обсягом викидів. Проте, збір, можливо, сприятиме підвищенню поінформованості суспільства, а додаткові кошти можуть використовуватися для фінансування інших механізмів скорочення викидів.

Реалізації розглянутого механізму сприяють підвищення громадської обізнаності, навчання водіїв та ефективний контроль поліції за дотриманням правил експлуатації автомобілів і дорожнього руху.

**2.3.4. Огляд і техобслуговування транспортних засобів.** Регулярний огляд і техобслуговування відповідно до жорстких технічних стандартів є найважливішим підходом до забезпечення економічного та екологічного використання будь-якого транспортного засобу.

2.3.4.1. Концепція. Розглянутий механізм стосується головних аспектів економічної та екологічної експлуатації транспортного засобу. Огляд має здійснюватися незалежними постачальниками послуг під державним контролем відповідно до встановлених технічних стандартів і процедур, в ідеальному випадку - визнаних на міжнародному рівні. Для стимулювання правильної експлуатації та ретельного техобслуговування ліцензування та збори щодо кожного транспортного засобу необхідно прив'язати до задовільних результатів огляду. Огляд і техобслуговування транспортних засобів сприяють поліпшенню якості повітря завдяки виявленню несправних автомобілів, які є серйозними забруднювачами (шляхом візуального огляду, контролю складу вихлопів та/або завантаження кодів відмови з бортового комп'ютера автомобіля), і посилення

вимог щодо приведення таких транспортних засобів до належного стану як необхідної умови для ліцензування або поновлення ліцензії.

2.3.4.2. Оцінка. Незалежно від екологічних міркувань, огляд і техобслуговування є важливим засобом контролю стану автопарку та стимулювання його техобслуговування. При цьому основна мета полягає в забезпеченні безпеки. Крім того, перевірка працездатності двигуна і загальної придатності транспортного засобу до експлуатації, як правило, покращують його екологічні показники. Користувачі (частково) несуть великі витрати.

Реалізації цього механізму сприяють навчання водіїв та ефективний контроль поліції за дотриманням правил експлуатації автомобілів і дорожнього руху. Цей механізм необхідно безпосередньо пов'язати з ліцензуванням транспортного засобу.

## **2.4. Аналіз автомобілів**

**2.4.1. Автомобілі, що працюють на природному газі.** Автомобілі, що заправляються пропаном, одержуваним з викопного палива або поновлюваних джерел ("біо"). Біогаз має додаткову перевагу, що полягає в більш-менш нейтральному вуглецевому сліді. Загалом знижується вміст твердих частинок.

Приклади Автомобільний ринок. Міські автопарки.

Сильні сторони: відома і надійна технологія. Простота застосування (вельми схожі якості з традиційними транспортними засобами). Значне зниження викидів РМх у містах.

Слабкі сторони: необхідність у додатковій мережі заправних станцій (великі інвестиції). Залежність від типу газу: відсутнє зменшення вуглецевого сліду (скорочення головним чином РМ).

Вплив на навколишнє середовище: більша залежність від технологій і порівнянних зовнішніх умов. Порівняно з дизельним паливом викиди CO<sub>2</sub> можуть збільшуватися, тоді як викиди РМх явно знижуються.

Час ++ Потенціал +

**2.4.2. Автомобілі, що працюють на етанолі.** Автомобілі, що заправляються етанолом із відновлюваних джерел, наприклад із цукрової тростини.

Приклади: Бразилія. Паливо E10 у Німеччині.

Сильні сторони: залежність від методу виробництва: практично не генеруються ПГ. Легкодоступність сировини в низці регіонів світу.

Слабкі сторони: необхідні значні потужності для переробки сировини. При використанні злаків існує конкуренція "продукти харчування проти палива". Негативний вплив на населені пункти при культивуванні додаткових орних земель. Потрібні особливі двигуни.

Вимірюваний вплив: велика залежність від технологій і порівнянних зовнішніх умов. Порівняно з дизельним паливом слід CO<sub>2</sub> явно зменшується.

Час ++ Потенціал +++

**2.4.3. Електромобілі з живленням від акумуляторної батареї.** У спеціальних автомобілях встановлюються електродвигуни.

Приклади: автомобільний ринок. Мережа прокату електромобілів Autolib у Парижі (Франція). Спільне користування автомобілями, компанія Deutsche Bahn (Німеччина).

Сильні сторони: відсутність прямих викидів (тільки на електростанції). Прийняття населенням, не готовим пересісти на велосипед. Прокат через інтернет.

Слабкі сторони: недоцільність для великих відстаней. Потрібні інвестиції, а також експлуатація та техобслуговування. Велика вага акумуляторних батарей. Можливі проблеми з безпекою батарей. Необхідність зарядних станцій.

Вимірюваний вплив: велика залежність від технологій (виробництво електроенергії) і порівнянних зовнішніх умов. Місцеві викиди PM<sub>x</sub> явно знижуються.

Час ++ Потенціал +++

**2.4.4. Гібридні транспортні засоби.** Автомобілі, що використовують електричні та традиційні двигуни для різних швидкостей і типів водіння, наприклад електродвигуни для тихого ходу або чергування руху із зупинками.

Приклади: автомобільний ринок.

Сильні сторони: простота застосування (вельми схожі якості з традиційними транспортними засобами). Відсутність прямих викидів при чергуванні руху із зупинками або при низькій швидкості. Залежно від технології: відсутність необхідності в зарядній станції.

Слабкі сторони: переважна недовіра покупців до технології. Збільшення витрат на техобслуговування.

Вимірюваний вплив: залежно від типу економиться до 40% палива (а отже, скорочуються викиди).

Час +++ Потенціал ++

**2.4.5. Транспортні засоби на водневому паливі.** Автомобілі, що працюють на водневому паливі.

Приклади: пілотні моделі низки виробників.

Сильні сторони: простота застосування (дуже схожі якості з традиційними транспортними засобами). Відсутність прямих шкідливих викидів.

Слабкі сторони: технологія перебуває на стадії вивчення. Складність придбання за прийнятними цінами.

Вимірюваний вплив: відсутність транспортних викидів (за винятком процесу отримання водню).

Час + Потенціал ++

Зроблено аналіз способів, спрямованих на зниження шкідливих викидів від автомобільного транспорту.

Під час вибору способів необхідно враховувати загальні цілі транспортної політики міста, а також наявну та плановану (очікувану) інфраструктуру, потреби в послугах та їхню доступність. Без урахування цих факторів вибрати

ефективний спосіб неможливо. Політика у сфері скорочення викидів має реалізовуватися з урахуванням таких конкуруючих цілей, як доступність технологій, витрати з боку суспільства, переваги (ефективність) механізмів за цих умов, взаємозв'язок між групами механізмів тощо. Проводячи скорочення викидів міського пасажирського транспорту, основні зусилля слід спрямовувати на виведення АЛП (які працюють на традиційному викопному паливі) з транспортного потоку, а в разі відсутності альтернативи автотранспорту - на використання ефекту масштабу завдяки запровадженню більших транспортних одиниць із прийнятними коефіцієнтами завантаження. Як правило, це призводить до безпрограшної ситуації, коли порівняно з традиційними АЛП зменшується загальна вартість надання послуг, скорочуються витрати інших учасників руху завдяки зменшенню забрудненості та заторів, а також знижується потреба в розширенні інфраструктури. Скорочення викидів у всіх випадках вимагає зміни поведінкових моделей. У зв'язку з цим ключовими факторами успіху є сильна підтримка з боку суспільства та розробка чітких стратегій на національному або муніципальному рівні. Водночас змін можна досягти і на рівні невеликих організацій або на індивідуальному рівні. Обидві сфери є важливими і потребують мотивації або, як це часто спостерігається при зміні поведінкових моделей, правозастосування.

Впровадженню способів скорочення викидів сприяють професійний технічний контроль і забезпечення дотримання обґрунтованих технічних стандартів, а також зрозуміле і стійке правове поле. Водночас успіху можна досягти завдяки підвищенню інформованості, освіти та підготовки, особливо з урахуванням того, що контроль і правозастосування не можуть повністю змінити поведінку людини.

## Висновки до другого розділу

Підбиваючи підсумок цього розділу, можна сказати про те, що до основних причин, що впливають на зростання забруднення атмосферного повітря від автотранспортних засобів, слід віднести:

- зростання кількості автомобільного транспорту;
- поганий технічний стан автотранспортних засобів; - значний вік автобусного парку;
- неоптимальна структура пасажирського транспорту; - погана якість палива автомобілів;
- висока інтенсивність руху транспорту;
- недостатні темпи оновлення муніципального парку; - низька якість екологічного контролю.

Після проведеного аналізу динаміки автомобілізації в містах і динаміки зміни шкідливих викидів автомобільним транспортом видно, що збільшення парку автомобілів прямо впливає на збільшення кількості відпрацьованих газів. Необхідно з'ясувати, чи зроблять істотний внесок в екологічну ситуацію міста Дніпро заходи, що розглядаються в роботі, і спрогнозувати, наскільки вони можуть бути ефективними.

Для вивчення цього питання було поставлено такі завдання:

1 Оцінити та проаналізувати можливість зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів за рахунок заміни парку міста автомобілями п'ятого екологічного класу;

2 Розрахувати зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів у разі заміни частини автомобілів міста на електромобілі та гібридні автомобілі;

3. Проаналізувати ефективність застосування присадок до автомобільного палива на зниження кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах.



РОЗДІЛ 3  
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ  
ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

**3.1. Методика розрахунку зниження шкідливих викидів у разі заміни легкових автомобілів міста на екологічний клас Євро 5**

За статистичними даними загальна кількість викидів шкідливих речовин від автомобільного транспорту в місті Дніпро за 2021 рік склала 76,3 тис.т.

Доцільно провести розрахунок зниження кількості викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами за рахунок заміни автомобілів до класу рівня Євро 5.

Для того щоб розрахувати ефективність заміни автомобілів, необхідно дізнатися кількість викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобілями кожного екологічного класу, відповідно до нормативних показників [8].

Розрахуємо загальну кількість викидів за основними компонентами легковими автомобілями, тис. тонн:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_{ij}/1000 \quad (3.1)$$

де  $i=1 \dots 5$  - екологічний клас автомобіля;

$j = 1 \dots 3$  - компоненти шкідливих речовин CO, CH, NOx;

$q_{ij}$  - кількість викидів автомобілями  $i$ -того екологічного класу,  $j$ -ї речовини, т;

Для розрахунку викидів основних компонентів кожного екологічного класу скористаємося формулою:

$$q_{ij} = P_j \cdot q_{ij \text{ норм}} \cdot 10^{-6} \quad (3.2)$$

де  $P_i$  - річний пробіг парку легкових автомобілів  $i$ -го екологічного класу;  
 $q_{ij \text{ норм}}$  - нормативний показник викидів шкідливих речовин CO, CH, норм NOx у г/км згідно зі стандартами Євро для кожного екологічного класу

$$P_i = N_i \cdot L_i$$

де  $N_i$  - чисельність автомобілів міста  $i$ -го екологічного класу;

$L_i$  - середній річний пробіг одного легкового автомобіля  $i$ -го екологічного класу, км. Цей показник приймемо рівним 10 000 км. Кількість викидів шкідливих речовин на 1 автомобіль розрахуємо:

Кількість викидів шкідливих речовин на 1 автомобіль розрахуємо як:

$$q_{ij \text{ авт}} = (L_i \cdot q_{ij \text{ норм}}) \cdot 10^{-6} \quad (3.4)$$

Поправка  $10^{-6}$  необхідна для переведення кількості відпрацьованих газів із грам у тонни.

### **3.2. Методика розрахунку: застосування електромобілів і гібридних автомобілів**

На даний момент введення в експлуатацію хоча б 2% електромобілів можуть забезпечити зниження викиду забруднювачів повітря в кількості:

$$Q_{\text{э}} = \gamma \cdot N \cdot 0,02\% \quad (3.5)$$

де,  $\gamma$  - середній річний викид забруднювачів одного середньостатистичного автомобіля, тис. т/тис. автомобілів,

$N$  - загальна кількість ТЗ усіх екологічних класів, за винятком причепів і напівпричепів.

Посилаючись на [9] можна сказати про те, що викид гібридних автомобілів у середньому у 2 рази менший, ніж звичайним автомобілем.

Відповідно річний викид середньостатистичного гібридного автомобіля становитиме:

$$\gamma_{\Gamma} = \gamma/2 \quad (3.6)$$

Тоді при заміні все тих же 2-х відсотків автомобілів міста ми зможемо отримати зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів, що дорівнює:

$$Q_{\Gamma} = \gamma_{\Gamma} \cdot N \cdot 0,02 \quad (3.7)$$

### **3.3. Методика розрахунку зниження шкідливих викидів у разі використання присадок до моторного палива для зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобільного транспорту**

Більшість виробників присадок вказують на те, що додавання до палива певних присадок може знизити утворення оксиду вуглецю, вуглеводнів, альдегідів, сажі.

З метою поліпшення експлуатаційних та екологічних властивостей автомобільних бензинів до їхнього складу вводять мийні та багатофункціональні присадки. Застосування цих присадок, за словами виробників, знижує вміст у відпрацьованих газах CO на 10-20%, незгорілих вуглеводнів - на 5-10% і шкідливих летких сполук - на 13-17%.

Приблизний розрахунок зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів при використанні присадок матиме такий загальний вигляд:

$$Q_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n q_{ij} \cdot 15/100 \quad (3.8)$$

де  $i=1...5$  - екологічний клас автомобіля;  $j = 1...3$  - компоненти CO, CH, NOx;

$q_{ij}$ - кількість викидів автомобілями  $i$ -того екологічного класу,  $j$ -ї речовини, т;

Зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів у цьому випадку становитиме:

$$\Delta = Q - Q_{\text{пр}} \quad (3.9)$$

де  $Q$  - загальна кількість шкідливих викидів за основними компонентами легковими автомобілями, розраховані за формулою 2.2, тис. тонн.

### 3.4. Методика отримання статистичних даних

3.4.1. Дані про кількість автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів до них, які перебувають на обліку в Дніпропетровській області, було отримано з офіційного сайту головного сервісного центру МВС України (<https://hsc.gov.ua/>) та <https://ukrautoprom.com.ua>

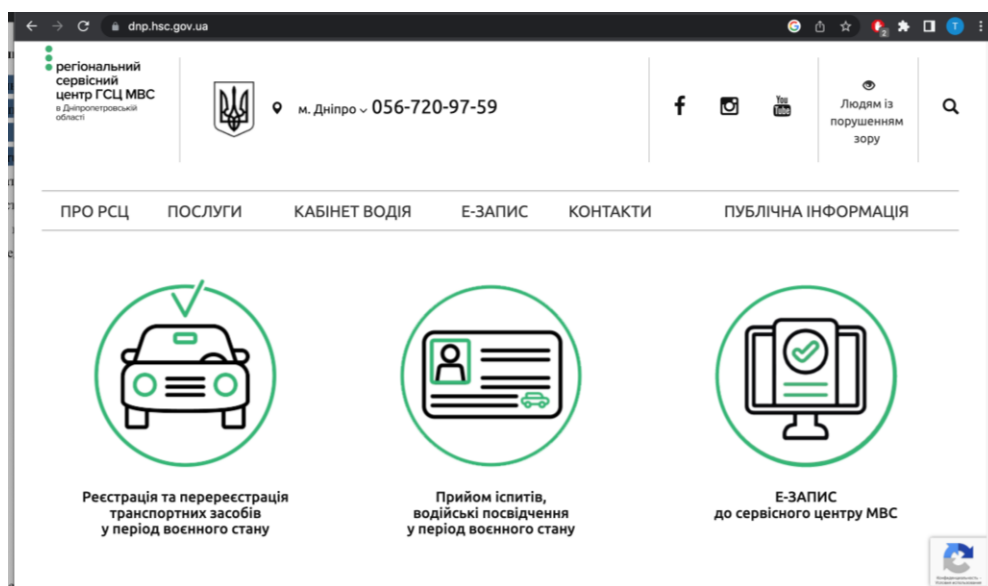


Рис. 3.1. Сайт <https://dnp.hsc.gov.ua/> Регіональний сервісний центр ГСЦ МВС у Дніпропетровській області

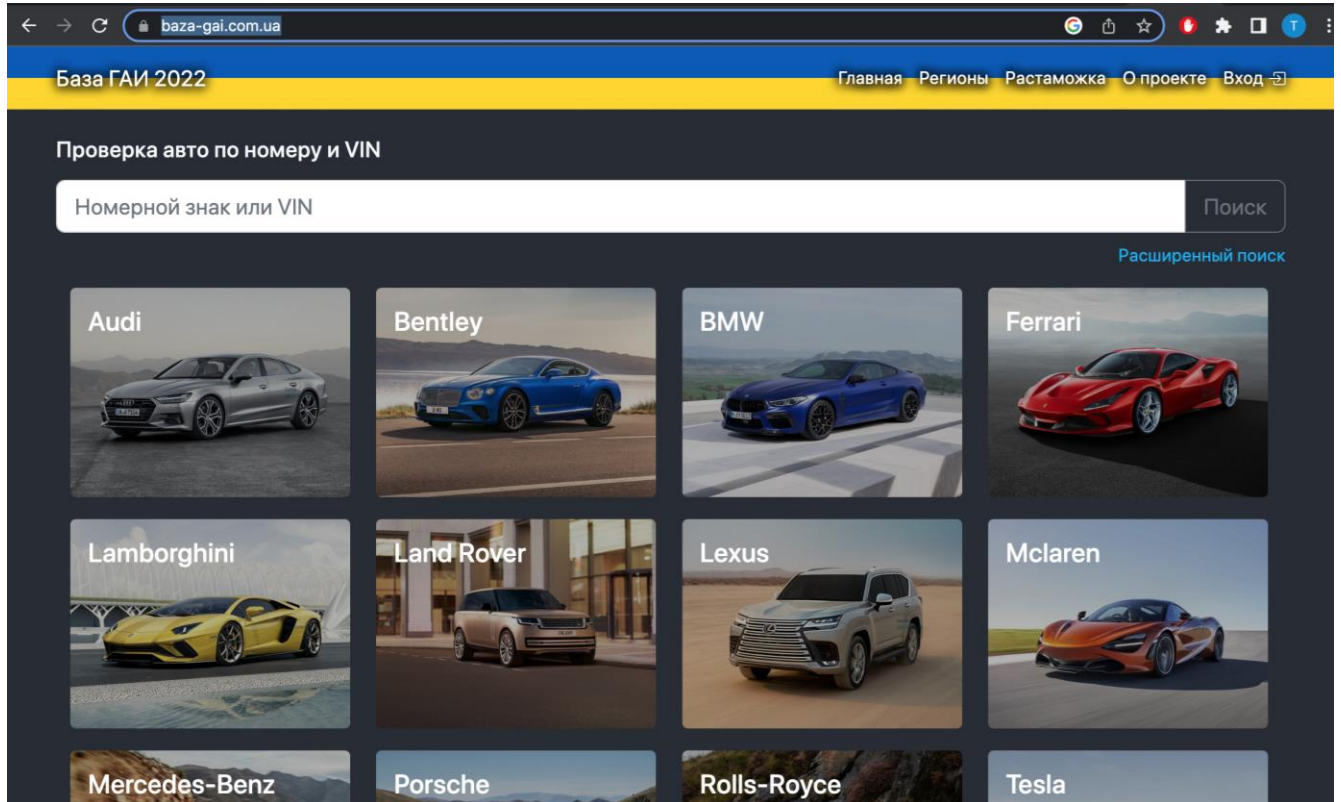


Рис. 3.2. Сайт база ГАІ України <https://baza-gai.com.ua/>

3.4.2. Методика отримання даних для розрахунку заміни автомобілів електромобілями та гібридними автомобілями в місті Дніпрі. Інформацію щодо кількості автомобілів, які не мають електродвигунів, було отримано аналогічно алгоритму, представленому в пункті 3.4.1.

Для цього з вивантажених даних із сайту <https://ukrautoprom.com.ua/ru/category/statistika-ru/2021-ru> відібрано автотранспортні засоби зареєстровані на території Дніпропетровської області.

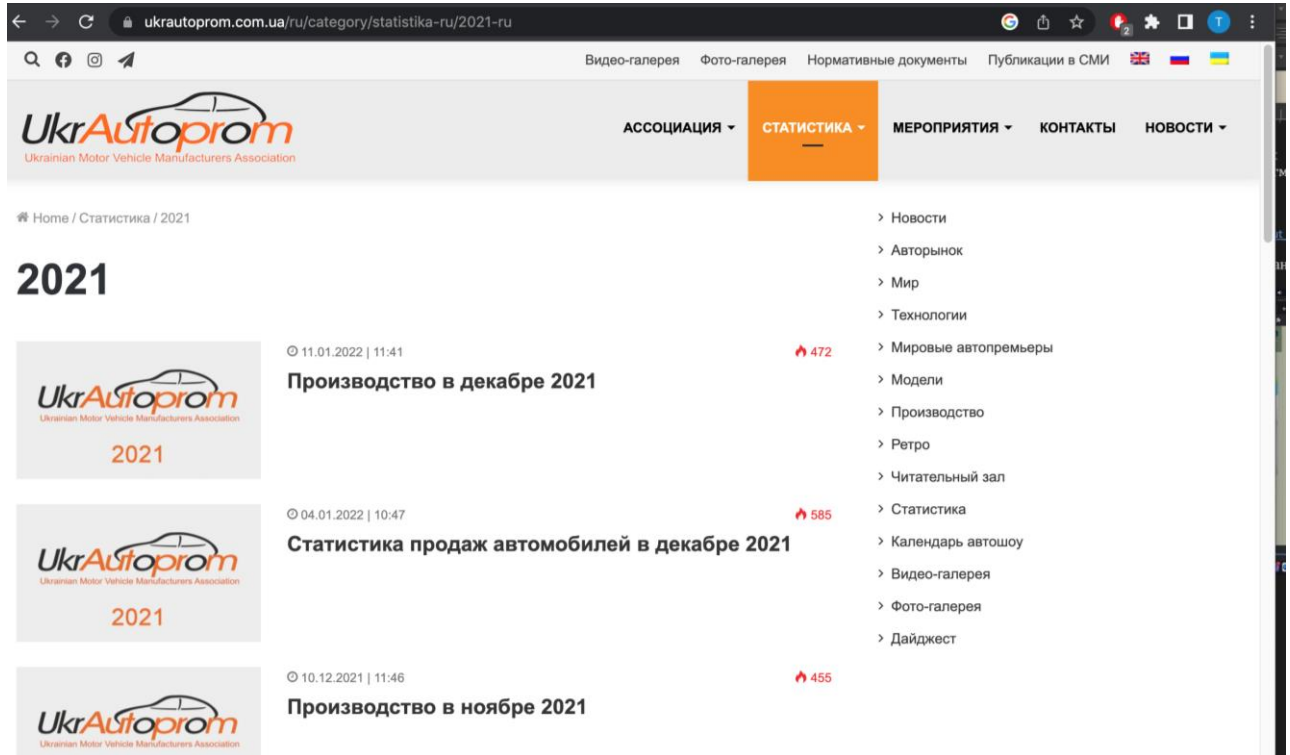


Рисунок 3.3. Сайт <https://ukrautoprom.com.ua/ru/category/statistika-ru/2021-ru>

Дані сайту <https://auto.24tv.ua/> засвідчили, що на частку електрокарів припадає майже 40 тис. автомобілів, на частку гібридів - понад 60 тис. Зазначимо, що на початок 2022 року загальна кількість автомобілів з альтернативними джерелами живлення становила 87,7 тис. одиниць. Електрокарів від початку року побільшало на 6 тис. одиниць, гібридів - на 7 тис. Сумарний приріст - +13 тис. автомобілів, що становить +15% збільшення автопарку порівняно з початком поточного року.

Найпопулярнішими марками на ринку електромобілів є Nissan (41% автопарку), Tesla (15%), Renault (8%), Volkswagen (5%) і Chevrolet (5%). Серед найпопулярніших гібридів лідирує Toyota (46%), Lexus (11%), Ford (8%), Chevrolet (6%) і Honda (5%).

Найбільше електрокарів зареєстровано в Києві та області - 28% парку, в Одеській області перебуває 13% усіх електромобілів країни, у Харківській області - 10%. У Дніпропетровській і Львівській областях - 8% і 7% відповідно.

Що стосується гібридів, то регіональний розподіл такий: Київ і область - 55% від автопарку гібридів, в Одеській області - 22%, Харківській - 12%. У Дніпропетровській і Львівській областях - 11% і 9% відповідно.

Шляхом підрахунків отримуємо, що в Дніпропетровській області гібридних автомобілів 7370 штук, електромобілів 3689.

3.4.3. Методика отримання даних для розрахунку зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобілів у разі використання присадок до моторного палива. Для розрахунку зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобілів у разі використання присадок знадобляться лише дані про кількість транспортних засобів та їхні екологічні класи. Цю інформацію буде взято з розрахунків, представлених у пункті 3.1 і 4.1.

У пункті 4.1 буде представлено розрахунок кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах після заміни автомобілів на пізніший екологічний клас, дані щодо цієї кількості і будуть застосовані для розрахунку зниження додатково за рахунок присадок.

### **Висновки до третього розділу**

В кваліфікаційній роботі було досліджено методики розрахунку зниження викидів шкідливих речовин: модель розрахунку зниження шкідливих викидів у разі заміни легкових автомобілів міста на екологічний клас Євро 5, методика розрахунку: застосування електромобілів і гібридних автомобілів та методика розрахунку зниження шкідливих викидів при використанні присадок до моторного палива для зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобільного транспорту. Також отримані статистичні дані щодо автомобільного парку міста Дніпра. Отримано, що в Дніпропетровській області гібридних автомобілів 7370 одиниць, електромобілів 3689 одиниць.

РОЗДІЛ 4  
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

**4.1. Розрахунок можливого зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів за рахунок заміни легкових автомобілів на екологічний клас Євро 5**

Парк легкових автомобілів становить 76% від загального числа автомобілів міста. Щоб зробити розрахунок ефективності оновлення легкових автомобілів на клас Євро-5, визначено чисельність автомобілів у місті за кожним класом.

Чисельність легкових автомобілів міста кожного екологічного класу Дніпра за 2021 рік отримано з розподілу парку міста за віком автомобілів, що подано в таблиці 4.2 і на діаграмі 4.1

Таблиця 4.1.

Чисельність автомобілів кожного екологічного класу.

	Євро 0	Євро 1	Євро 2	Євро 3	Євро 4	Євро 5	Усього
Легкові	22742	32561	46419	67924	99691	180034	449371
Вантажні	6135	7159	9111	13417	11335	26796	70953
Автобуси	481	507	519	558	1005	3644	6714



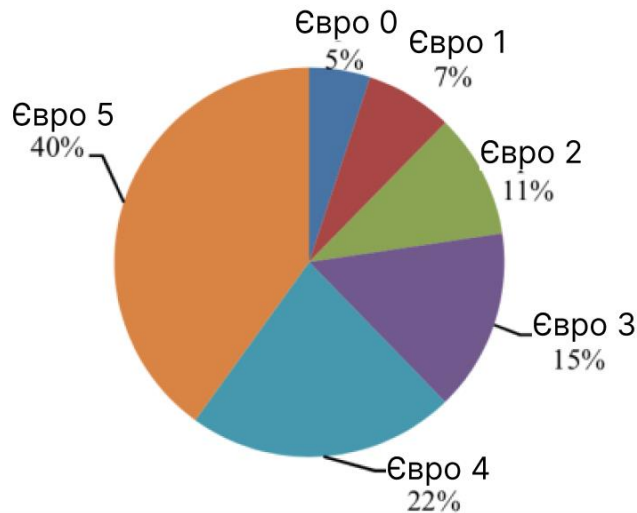


Рис. 4.1. Відсоткове співвідношення легкових автомобілів

Виходячи з даних таблиці 4.1 і діаграми 4.1, ми можемо замінити 60% легкових автомобілів міста на екологічний клас Євро 5.

Розрахуємо загальну кількість викидів за основними компонентами легковими автомобілями класу Євро 0. Загальна кількість автомобілів класу Євро 0, за отриманими даними, становить 22742 автомобілі. Знайдемо загальний річний пробіг парку легкових автомобілів (задавшись середнім річним пробігом 10000 км) за формулою 3.3:

$$P_0 = 22742 \cdot 10\,000 = 227\,420\,000 \text{ км/рік}$$

Викид основних компонентів становитиме для парку легкових автомобілів класу Євро 0 становитиме:

$$q_0(\text{CO}) = 227\,420\,000 \cdot 3,4 \cdot 10^{-6} = 773,2 \text{ т/рік або } 0,7732 \text{ тис. т/рік}$$

$$q_0(\text{CH}) = 227\,420\,000 \cdot 3,35 \cdot 10^{-6} = 761,8 \text{ т/рік або } 0,7618 \text{ тис. т/рік}$$

$$q_0(\text{NO}_x) = 227\,420\,000 \cdot 12,4 \cdot 10^{-6} = 2774,5 \text{ т/рік або } 2,774 \text{ тис. т/рік}$$

Кількість викидів на 1 автомобіль, кожного з компонентів становитиме:

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 3,4 \cdot 10^{-6} = 0,033 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 3,35 \cdot 10^{-6} = 0,035 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 12,2 \cdot 10^{-6} = 0,122 \text{ т.}$$

Сумарна кількість основних забруднюючих речовин, що викидається легковими автомобілями класу Євро 0, становитиме тис. т:

$$Q = 0,773 + 0,7618 + 2,774 = 4,309 \text{ тис.т/рік}$$

Викид основних компонентів становитиме для парку автомобілів Євро 5 класу

$$q_5(\text{CO}) = 1\,800\,340\,000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 180,3 \text{ т/рік або } 0,1803 \text{ тис. т/рік}$$

$$q_5(\text{CH}) = 1\,800\,340\,000 \cdot 0,013 \cdot 10^{-6} = 23,4 \text{ т/рік або } 0,023 \text{ тис. т/рік}$$

$$q_5(\text{NO}_x) = 1\,800\,340\,000 \cdot 0,08 \cdot 10^{-6} = 144 \text{ т/рік або } 0,144 \text{ тис. т/рік}$$

Кількість викидів на 1 автомобіль, кожного з компонентів становитиме т:

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,001 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 0,013 \cdot 10^{-6} = 0,00013 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 0,08 \cdot 10^{-6} = 0,0008 \text{ т.}$$

Сумарна кількість основних забруднювальних речовин, що викидається легковими автомобілями класу Євро 0, становитиме тис.т:

$$Q = 0,1803 + 0,023 + 0,144 = 0,3473 \text{ тис.т/рік}$$

Аналогічним чином прорахуємо кількість основних компонентів відпрацьованих газів для автомобілів інших екологічних класів. Дані розрахунків наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Кількість викидів до заміни, тис.тонн.

Компонент	Євро 0 до заміни	Євро 1 до заміни	Євро 2 до заміни	Євро 3 до заміни	Євро 4 до заміни	Євро 5 до заміни	Всього
CO	0,7732	0,8856	0,4641	0,4347	0,4984	0,1803	3,2363
CH	0,7618	0,2344	0,1346	0,1222	0,0897	0,023	1,3657
Nox	2,774	0,3158	0,2831	0,3396	0,2492	0,144	4,1057
Итого	4,309	1,4358	0,8818	0,8965	0,8373	0,3473	8,7077

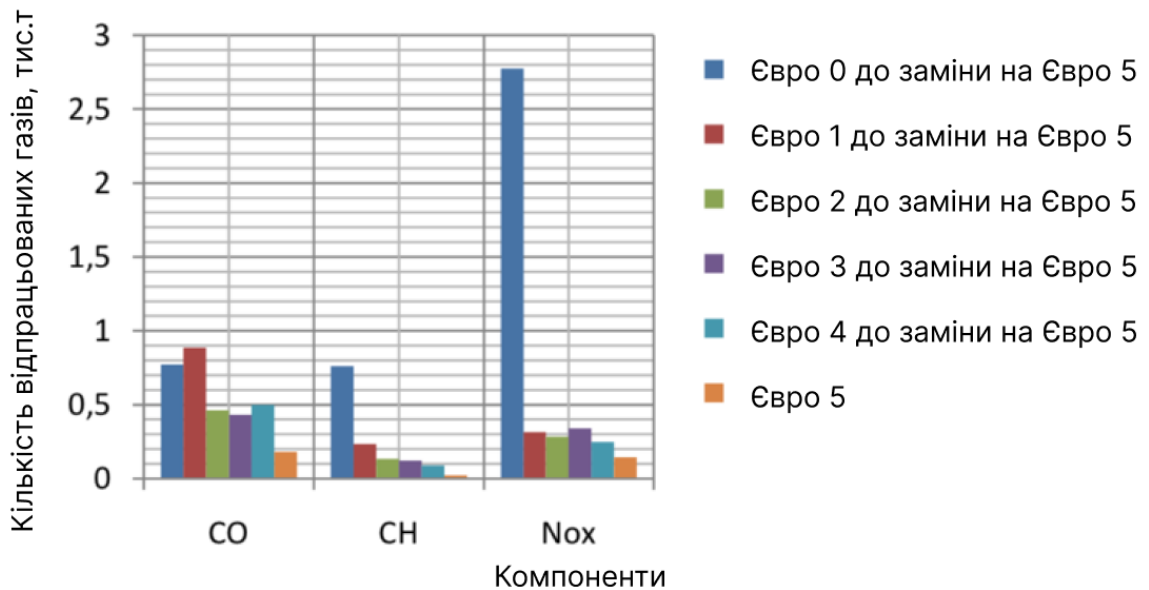


Рис. 4.2. Кількість викидів до заміни автомобілів

Для розрахунку скорочення кількості шкідливих викидів у разі заміни автомобілів на клас Євро 5 розрахуємо викиди автомобілями Євро 0, 1, 2, 3, і 4 за показників на 1 автомобіль Євро 5.

Євро 0 на Євро 5

$$q_{0-5}(\text{CO}) = 227\,420\,000 \cdot 0,001 = 22,7 \text{ т/рік або } 0,0227 \text{ тис. т/рік}$$

$$q_{0-5}(\text{CH}) = 227\,420\,000 \cdot 0,0013 = 2,95 \text{ т/рік або } 0,0029 \text{ тис. т/рік}$$

$$q_{0-5}(\text{NO}_x) = 227\,420\,000 \cdot 0,0008 = 18 \text{ т/рік або } 0,018 \text{ тис. т/рік}$$

Після заміни сумарна кількість основних забруднювальних речовин, що викидається легковими автомобілями класу Євро 0, становитиме:

$$Q = 0,0227 + 0,0029 + 0,018 = 0,044 \text{ тис.т/рік}$$

Тобто скорочення викиду шкідливих речовин становитиме 0,3023 тис.тонн/рік.

Аналогічним чином розраховується скорочення для екологічних класів Євро 1, 2, 3 і 4. Результати розрахунків викидів після заміни представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Кількість викидів після заміни, тис.тонн.

Компонент	Євро 0 після заміни	Євро 1 після заміни	Євро 2 після заміни	Євро 3 після заміни	Євро 4 після заміни	Євро 5 після заміни	Всього
CO	0,0227	0,0325	0,0464	0,0679	0,0996	0,1800	0,4493
CH	0,0029	0,0042	0,0060	0,0089	0,0128	0,0234	0,0584
Nox	0,0181	0,0260	0,0371	0,0543	0,0797	0,1440	0,3594
Всього	0,0438	0,0628	0,0895	0,1310	0,1924	0,3474	0,8672

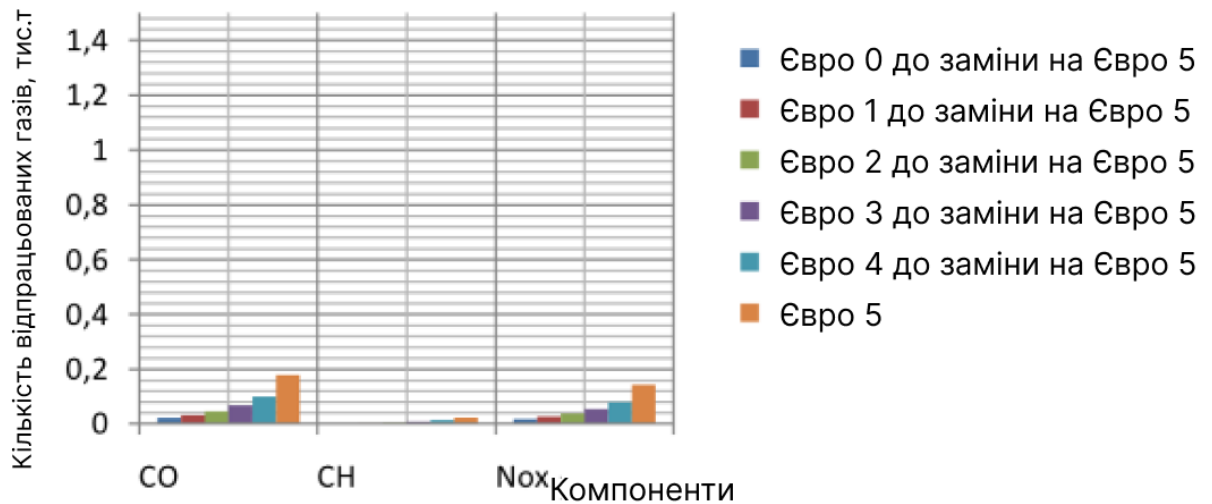


Рис.4.3. Кількість викидів після заміни автомобілів

Загальна кількість скорочення шкідливих викидів за основними компонентами складе 6,84 тис.тонн/рік.

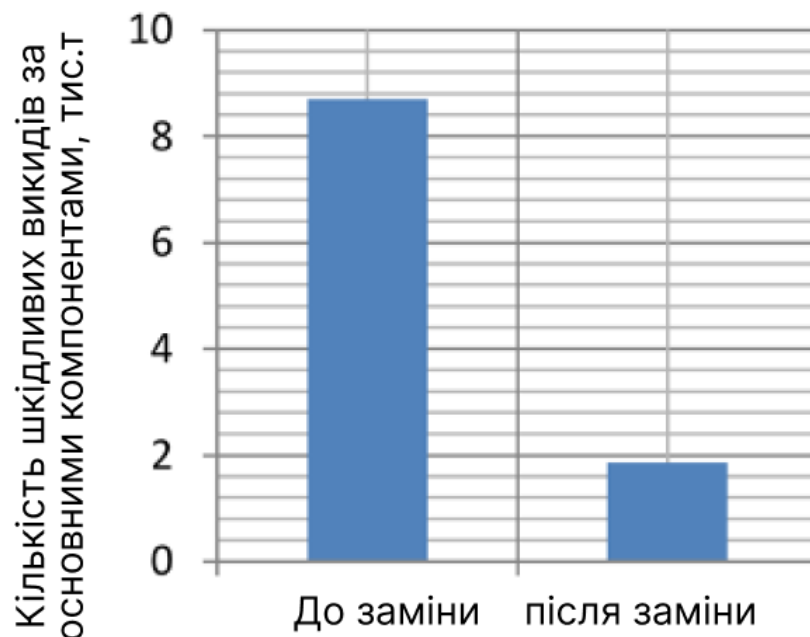


Рис. 4.4. Діаграма скорочення кількості шкідливих викидів

Заміна автомобілів на клас Євро-5 передбачає купівлю нових автомобілів. З економічної точки зору це дуже великі витрати з боку власників автомобілів. На сьогоднішній день перспективна заміна можлива в двох випадках: якщо буде

підтримка держави в купівлі автомобілів, адже держава як ніхто інший зацікавлена у вирішенні екологічних проблем, а так само якщо дилерські центри почнуть активно розвивати так звану програму "Трейд-ін". Завдяки цьому користувачі старих автомобілів зможуть купити новий автомобіль, не за повну його вартість, а доплативши кошти, яких бракує, здавши свою стару модель.

#### **4.2. Перспективи зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів за рахунок електромобілів і гібридних автомобілів**

На даний момент введення в експлуатацію хоча б 2% електромобілів, згідно з формулою 3.7, можуть забезпечити зниження викиду забруднювачів повітря в кількості:

$$Q_e = 0,151 \cdot 527\,038 \cdot 0,02 = 1\,591 \text{ тонн} = 1,59 \text{ тис. т.}$$

Як видно з наведеного вище розрахунку, у разі заміни 2% автомобілів (10541 із загальної кількості зареєстрованих автомобілів) електромобілями, кількість викидів можна буде скоротити на 1,59 тис. т., що становитиме 2,08% від загальної кількості викидів міста.

Відповідно річний викид середньостатистичного гібридного автомобіля становитиме 0,0755 тонн/тис.авт.

Тоді при заміні все тих же 2-х відсотків автомобілів міста ми зможемо отримати зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів, що дорівнює, тис.т:

$$Q_g = 0,0755 \cdot 527\,038 \cdot 0,02 = 795 \text{ т} = 0,795 \text{ тис. т.}$$

Виходячи з того, що річний викид автотранспортними засобами в Дніпрі за 2021 рік становить 76,3 тис.тонн, заміна автомобілів гібридами, для зниження на 0,795 тис.тонн (1,04%) є доцільною.

#### **4.3. Використання присадок для зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобілів**

Припустимо, за розрахунками пункту 3.1 було здійснено заміну всіх автомобілів класу нижче Євро 5 на клас Євро 5, відповідно.

Результати розрахунків кількості викидів після заміни на автомобілі Євро 5, тис. тонн для кожного екологічного класу автомобілів наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5.

Кількість викидів автомобілями після повної заміни  
на екологічний клас Євро 5.

Екологічний клас автомобіля	Кількість викидів після заміни на автомобілі Євро 5, тис.тонн
автомобілі Євро 0 після заміни на Євро 5	0,043892
автомобілі Євро 1 після заміни на Євро 5	0,062843
автомобілі Євро 2 після заміни на Євро 5	0,089589
автомобілі Євро 3 після заміни на Євро 5	0,131093
автомобілі Євро 4 після заміни на Євро 5	0,192404
автомобілі Євро	0,3474
Разом	0,8672

Після заміни, із застосуванням присадок, що зменшують кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах на 15%, за формулою 3.8 отримаємо, тис.т:

$$Q_{пр} = 0,8672 - 0,13008 = 0,7312 \text{ тис.т.}$$

Таким чином, за ефективності зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів у разі використання присадок ми отримаємо таке значення різниці:

$$\Delta = 0,8672 - 0,7312 = 0,13 \text{ тис.т, що відповідає зниженню на 15\%}.$$

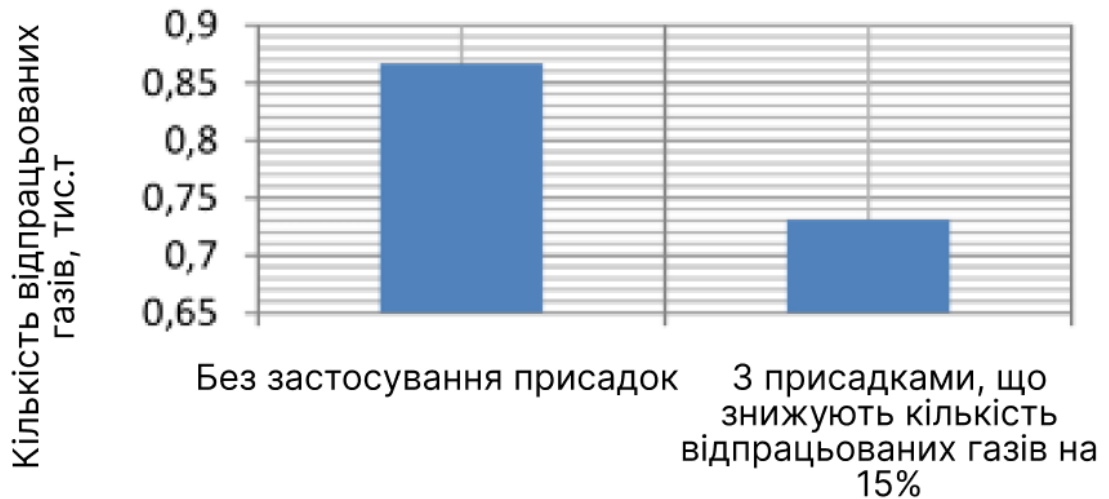


Рис.4.6. Порівняння кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів без застосування присадок і при теоретичному зниженні на 15% при їх застосуванні

Відповідно, за заявлених якостей присадки, кількість шкідливих речовин відпрацьованих газів може бути знижена на 0,13 тис. тонн за 1 рік.

Висновок. За результатами розрахунків цієї роботи було отримано дані щодо зниження викидів шкідливих речовин автомобільного транспорту за рахунок застосування різних заходів. Дані розрахунків зведено в таблицю 4.6 і представлено на рис. 4.7.



Таблиця 4.6.

Результати розрахунку ефективності зниження  
викидів шкідливих речовин.

Захід	Прогнозоване зниження кількості шкідливих викидів відпрацьованих газів тис.т/рік	Прогнозоване зниження кількості шкідливих викидів відпрацьованих газів, %
Заміна легкових автомобілів на екологічний клас Євро 5	6,84	8,9%
Впровадження електромобілів і гібридних автомобілів	2,39	3,02%
Застосування присадок, що знижують кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів	0,13	0,2%

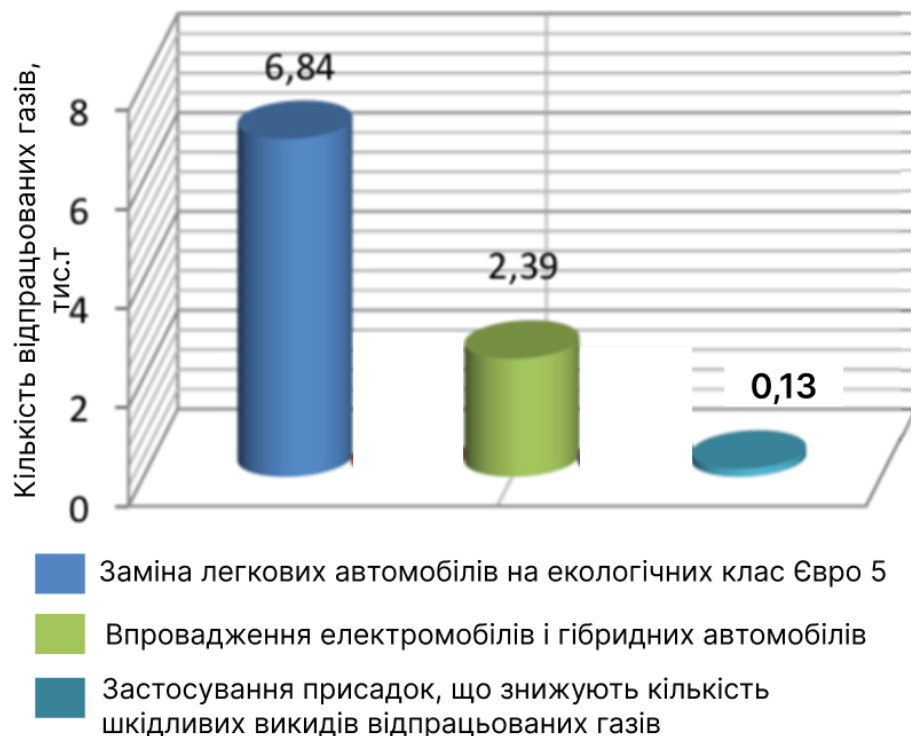


Рис. 4.7. Графік ефективності зниження кількості шкідливих речовин відпрацьованих газів, кожним із запропонованих методів

## Висновки до четвертого розділу

Розрахунково-аналітичним шляхом виконано прогноз ефективності заходів, спрямованих на зниження кількості шкідливих викидів автомобільного транспорту.

Було виявлено, що в разі заміни автомобілів міста з екологічного класу ЄВРО - ЄВРО 4 на вищий екологічний клас, який застосовують в Україні - Євро-5, кількість шкідливих викидів автомобільного транспорту скоротиться на 6,84 тис.тонни на рік, що становить майже 9% від загального обсягу викидів.

Застосування електромобілів і гібридних автомобілів так само є перспективним заходом. За умови заміни 2% автомобілів міста на автомобілі з повністю електричними установками забезпечить зниження кількості шкідливих викидів на 2,385 тис. тонн/рік від загального числа викидів пересувних джерел.

Усі заходи, запропоновані в роботі, здатні як комплексно, так і окремо знизити негативний вплив автомобільного транспорту на екологію великого міста. Застосувавши комплексно всі запропоновані методи, за один календарний рік вдасться скоротити кількість викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобільного транспорту на 12,39%. Найефективнішим заходом буде заміна легкових автомобілів на екологічний клас Євро-5, при цьому кількість викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів скоротиться на 8,9%, що відповідає зниженню на 6,84 тис. тонн на рік.

## ВИСНОВКИ

Виконано аналіз основних джерел забруднення довкілля, розглянуто фактори, що визначають процес забруднення атмосфери вулично-дорожньої мережі автотранспортним потоком та джерела впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище.

Зроблено аналіз ефективності заходів, спрямованих на зниження кількості шкідливих викидів автомобільного транспорту. На основі аналізу можна встановлено, що до основних причин, що впливають на зростання забруднення атмосферного повітря від автотранспортних засобів, слід віднести:

- зростання кількості автомобільного транспорту;
- поганий технічний стан автотранспортних засобів; - значний вік автобусного парку;
- неоптимальна структура пасажирського транспорту; - погана якість палива автомобілів;
- висока інтенсивність руху транспорту;
- недостатні темпи оновлення муніципального парку; - низька якість екологічного контролю.

Досліджено методики розрахунку зниження викидів шкідливих речовин: виявлено, що в разі заміни автомобілів міста з екологічного класу ЄВРО - ЄВРО 4 на вищий екологічний клас, який застосовують в Україні - Євро-5, кількість шкідливих викидів автомобільного транспорту скоротиться на 6,84 тис.тонни на рік, що становить майже 9% від загального обсягу викидів.

Застосування електромобілів і гібридних автомобілів так само є перспективним заходом. За умови заміни 2% автомобілів міста на автомобілі з повністю електричними установками забезпечить зниження кількості шкідливих викидів на 2,385 тис. тонн/рік від загального числа викидів пересувних джерел.

Усі заходи, запропоновані в роботі, здатні як комплексно, так і окремо знизити негативний вплив автомобільного транспорту на екологію великого

міста. Застосувавши комплексно всі запропоновані методи, за один календарний рік вдасться скоротити кількість викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів автомобільного транспорту на 12,39%. Найефективнішим заходом буде заміна легкових автомобілів на екологічний клас Євро-5, при цьому кількість викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів скоротиться на 8,9%, що відповідає зниженню на 6,84 тис. тонн на рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Бондаренко Е.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов, О.В. Чекмарёва, В.В. Васильева, М.В. Коротков // Орёл: ОрёлГТУ, 2010. – 254 с.

2 Пронин, Е.Н. Природный газ – моторное топливо XXI века. Природный газ в моторе? Вопросы и ответы. – М., 2006. – 60 с.

3 Филиппов, А.А. Экологическая составляющая в развитии требований к качеству моторного топлива в России / А.А. Филиппов, Р.Т. Шайлин, И.Ф.

Сулейманов // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Забайкал. гос. ун-т. – Чита : ЗабГУ, 2018. – С. 103-111.

4 Двигатели внутреннего сгорания: Учеб. для вузов по спец. «Строительные и дорожные машины и оборудование» / Хачиян А.С., Морозов К.А., Луканин В.Н. и др.; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 311 с., ил.

5 Гаврилов, К.Л. Моторная диагностика: учебно-практ. пособие / К.Л. Гаврилов. – М.; Ростов-на-Дону: МарТ, 2005. – 312 с.: ил. – (Автомобильный транспорт).

6 Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2003. – 273 с.: ил.

7 Трофименко, Ю.В. Экология в транспортной отрасли – современные возможности развития / Международная практическая конференция «Эффективное управление транспортными системами» 24 августа 2017 г., павильон Samsung, ЕХРО 2017, Астана / Режим доступа: <https://www.traffic-ing.ru/astana-expo-2017-07.11.2019>.

8. Кутенев В.Ф., Кисуленко Б.В., Шюте Ю.В. «Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания» : Монография, Москва – 2009г.

9. Селифонов В.В., Карпужин К.Е., Филонов А.А., Баулина Е.Е., Авруцкий Е.В. Гибридные автомобили – решение экологической проблемы автомобильного транспорта. Известия No2 (4) – стр. 30-43.

10. Сайт <https://dnp.hsc.gov.ua/> Регіональний сервісний центр ГСЦ МВС у Дніпропетровській області

11. <https://ukrautoprom.com.ua>

12. Сайт база ГАІ України <https://baza-gai.com.ua/>

13. Сайт <https://ukrautoprom.com.ua/ru/category/statistika-ru/2021-ru>

## ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Формат	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл-сть	№ екземп.	Примітки
		<b><u>Загальна документація</u></b>				
A4	1	МКР.ЕРМ.22.21486.00 ПЗ	Пояснювальна записка	71	1	
A4	2	МКР.ЕРМ.22.21486.01	Заголовний слайд	1	1	Слайд №1
A4	3	МКР.ЕРМ.22.21486.02	Актуальність кваліфікаційної роботи	1	1	Слайд №2
A4	4	МКР.ЕРМ.22.21486.03	Мета і завдання роботи, об'єкт і предмет дослідження	1	1	Слайд №3
A4	5	МКР.ЕРМ.22.21486.04	Аналіз джерел забруднення навколишнього середовища	2	1	Слайд № 4,5
A4	6	МКР.ЕРМ.22.21486.05	Аналіз способів спрямованих на зниження шкідливих викидів від автомобільного транспорту	1	1	Слайд № 6,7
A4	7	МКР.ЕРМ.22.21486.06	Методика розрахунку зниження викидів шкідливих речовин	1	1	Слайд № 8,9
A4	8	МКР.ЕРМ.22.21486.07	Результати досліджень	1	1	Слайд № 10, 11
A4	9	МКР.ЕРМ.22.21486.08	Висновки	1	1	Слайд № 12
<b>МКР.ЕРМ.22.21486.00 ВКР</b>						
Зм	Л	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Халявко Б.І.				
Перев.		Колеснікова Т.М.				
Керівни		Колеснікова Т.М.				
Н.кон.		Богомолов В.В.				
Затв.		Лиходій О.С.				
Дослідження способів поліпшення екологічної безпеки автомобільного транспорту Відомість КР					Літ.	Арк.
					М	К
					Р	71
						1
					ДВНЗ «ПДАБА», гр. АТ-21мп	