

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА
ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

До захисту допустити:
Завідувач кафедри
_____Мітюшкіна Х. С
«___» _____2025 р.

«Вплив транспорту на навколишнє середовище»

Кваліфікаційна робота
здобувача вищої освіти другого
(магістерського) рівня вищої освіти освітньо-
професійної програми «Екологія та охорона
навколишнього середовища»
природокористування»

Барабаш Анатолія
Науковий керівник:
к.б.н, старший викладач
Зеленська Вікторія Анатоліївна
Рецензент:

Кваліфікаційна робота захищена
з оцінкою _____
Секретар ЕК _____
«___» _____20___ р.

Київ – 2025

Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТРАНСПОРТОМ.....	6
1.1. Транспортне забруднення атмосфери.....	6
1.2 Транспортне забруднення гідросфери.....	7
1.3 Транспортне забруднення літосфери.....	9
1.4. Фізично хвильове забруднення навколишнього середовища.....	10
Висновки до розділу 1.....	12
РОЗДІЛ 2. ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	13
2.1 Автомобільний транспорт в структурі забруднення довкілля України.....	13
2.2 Характеристика шкідливих атмосферних викидів автомобільного транспорту з двигунами внутрішнього згоряння.....	18
2.3 Дія роботи автомобільного транспорту на атмосферу.....	24
2.4 Наслідки для людини і довкілля від забруднення викидними газами.....	27
2.5 Нормування гранично допустимих викидів на транспорті.....	30
Висновки до розділу 2.....	32
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	34
3.1 Альтернативні види моторного палива, переваги і недоліки використання і їх роль в захисті довкілля.....	34

3.2 Екологічні переваги і недоліки електромобілів.....	43
3.3 Способи нейтралізації викидних газів у випускній системі бензинових двигунів.....	50
3.4 Нейтралізація газів, що відпрацювали, у випускній системі дизельних двигунів.....	60
3.5 Європейські екологічні стандарти для автомобілів і перспективи їх впровадження в Україні.....	67
Висновки до розділу 3.....	72
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ВСТУП

Транспорт один з найважливіших компонентів громадського і економічного розвитку, що поглинає значну кількість природних ресурсів і робить серйозний вплив на довкілля. Транспорт відіграє важливу роль в економіці і повсякденному житті людей. Використання практично усіх видів транспорту на усіх континентах зростає і за об'ємом перевезених вантажів, і за числом пасажирів, що перевозяться. На жаль, дуже істотна роль транспорту в забрудненні довкілля. Крім того, транспорт є одним з основних джерел шуму в містах і вносить значний вклад в теплове і інше забруднення довкілля.

Транспорт тісно взаємодіє з природним довкіллям споживаючи необхідне для його роботи атмосферне повітря, вуглеводневу сировину, водні та електричні ресурси.

Актуальність обраної теми для кваліфікаційної роботи, полягає в тому, що збільшення кількості транспорту в наші дні істотно погіршує екологічну ситуацію.

Транспорт є одним із головних чинників забруднення довкілля, адже саме він продукує значну частку парникових газів, спричиняє шумове навантаження та формує смог у містах, що негативно впливає на здоров'я людей і якість життя. Використання викопного палива підсилює залежність від невідновлюваних ресурсів, а зростання кількості автомобілів веде до соціально-економічних проблем, зокрема збільшення витрат на охорону здоров'я. У сучасних умовах пошук шляхів зменшення негативного впливу транспорту є необхідною умовою сталого розвитку суспільства, що й визначає актуальність теми.

Метою роботи є дослідження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище та аналіз заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на атмосферу.

Об'єкт дослідження – транспорт, його різновиди та вплив на довкілля.

Предмет дослідження – засоби зниження впливу автомобільного транспорту на атмосферу.

Задачі дослідження:

- визначити спектр шкідливих дій транспорту на довкілля;
- розглянути міру впливу автомобільного транспорту на довкілля і організм людини;
- проаналізувати засоби зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту на атмосферу.

Методи дослідження. В ході роботи над кваліфікаційною роботою використовувався формально-догматичний метод при виявленні нормативної бази в області природокористування і охорони довкілля, а також системно-структурний метод для поглибленого вивчення екологічного управління. Основні джерела інформації. Були використані наукові і методичні розробки вітчизняних і зарубіжних дослідників, спеціалізовані публікації та інтернет ресурси.

РОЗДІЛ 1. ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТРАНСПОРТОМ

1.1. Транспортне забруднення атмосфери

Швидкий розвиток різних видів транспорту у XX сторіччі призвів до зростання їх негативного впливу на навколишнє середовище. Воно виражається в хімічному забрудненні середовища відходами від згоряння палива, в шумовому забрудненні, у вилученні земель під дорожнє будівництво і багато в чому іншому. Причому в такому негативному впливі кожен вид транспорту має свою специфіку, один більше впливає на літосферу, інший — на гідросферу, третій — на атмосферу [10].

Великим джерелом забруднення атмосфери є автотранспорт, оскільки у викидних газах автомобілів переважають оксид вуглецю, діоксид азоту, свинець, токсичні вуглеводні, взаємодія яких з оксидами азоту при високій температурі призводить до утворення озону. Відомо, біля земної поверхні підвищений вміст озону викликає пригнічення рослинності. Також виникає так званий парниковий ефект, який сприяє глобальному потеплінню [5].

Ще на початку 1970-х років частка цього виду транспорту в забрудненнях, внесених у повітряний басейн, становила 10-15%, але вже до середини 1990-х років, по мірі все більш масовою автомобілізації, вона досягла 50-60% і продовжує зростати. Підраховано, що за шість років експлуатації один усереднений автомобіль викидає в атмосферу 9 т CO₂, 900 кг CO, 250 кг NO і 80 кг вуглеводнів. Або інший розрахунок: один легковий автомобіль щорічно викидає близько 60 м³ отруйних газів, а вантажний — 120 м³.

Відпрацьовані гази, продукти зносу механічних частин і покриттів автомобіля, а також дорожнього покриття складають близько половини атмосферних викидів антропогенного походження. До складу цих викидів, крім автомобіля та ін. Токсичність відпрацьованих газів карбюраторних

двигунів обумовлюється головним чином вмістом окису вуглецю та окислів азоту, а дизельних двигунів - окислів азоту та сажі [6].

Забруднення атмосфери з «вини» автомобільного транспорту відбувається, крім того, в результаті функціонування авторемонтних підприємств, асфальтобетонних заводів, баз дорожньої техніки і інших об'єктів інфраструктури транспорту [8].

Викиди від стаціонарних джерел морського транспорту в атмосферу представляють в основному продукти згоряння вугілля, пил та тверді частинки, що утворюються при перевантаженні сипких вантажів. Морські і річкові порти створюють локальні зони забруднення навколишнього середовища [8].

В період експлуатації трубопроводів можливо вуглеводневе забруднення атмосфери через просочування газу через тріщини, нещільність і розриви трубопроводів, а також у результаті «дихання» резервуарів. Витік рідких транспортованих продуктів призводять до їх розтікання і знищення флори і фауни. Вони часто супроводжуються пожежами, при яких в атмосферу виділяється велика кількість токсичних продуктів згоряння [8].

Також негативно впливає на атмосферу повітряний транспорт. Вихлопи літакових двигунів, також працюють на нафтопаливі, загалом, схожі з викидами двигунів автомобілів. З тією лише різницею, що за їх токсичності один сучасний авіалайнер еквівалентний 7000-8000 автомобілів [6].

На залізничному транспорті є значна кількість стаціонарних джерел викидів в атмосферу: локомотивні, вагонні депо, заводи по ремонту рухомого складу. Більше 90 % викидів припадає на котлоагрегати (котельні, ковальські виробництва) [8].

1.2 Транспортне забруднення гідросфери

Водний транспорт найбільше «спеціалізується» на забрудненні гідросфери. У першу чергу це відноситься до нафтового забруднення морів і внутрішніх водойм та водотоків [10].

Особливої шкоди водоймам завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає газообмінові між водою й атмосферою й знижує вміст кисню у воді [7]. В межах даної ділянки знижується інтенсивність світла, уповільнюється фотосинтез і аерація водних мас, наноситься шкода фауні і флорі [9]. В результаті розливу 1 т нафти покривається 12 км² води. Згустки мазуту, осідаючи на дно, вбивають донні мікроорганізми, які беруть участь у процесі самоочищення води. Внаслідок гниття донних осадків, забруднених органічними речовинами, виділяються шкідливі сполуки, зокрема сірководень, що отруюють усю воду в річці чи озері [7].

Більшість великих аварій і катастроф на судах відбувається не під впливом сил стихії (урагани, шторми, тумани, льоди), а з вини людей: допущені при проектуванні і будівництві судна або сталися в ході його експлуатації [17].

Також негативний вплив водного транспорту на навколишнє середовище, насамперед на водні ресурси, пов'язаний не тільки з втратою нафтопродуктів при навантаженні і вивантаженні, а й скидами забруднених вод, а також зносом сипучих вантажів з причалів, втратами при роботі земляних снарядів і тому подібне. Стічні води від судів, адміністративних і виробничих корпусів портів направляються в міський колектор і далі на міські очисні споруди [11].

Крім танкерів, велику потенційну небезпеку представляє перевезення водними шляхами транспорту з ядерними силовими установками і суд забруднення навколишнього середовища [8].

Забруднені стічні води утворюються і на пунктах підготовки і обмивки вантажних і пасажирських вагонів. В стічні води переходять залишки вантажів, що перевозяться, мінеральні та органічні домішки, розчинені солі, бактеріальні забруднення. Пункти в основному не мають зворотнього водопостачання, що збільшує споживання водних ресурсів і забруднення природного середовища [8].

1.3 Транспортне забруднення літосфери

Залізничний транспорт, який має вплив на різні геосфери, найбільш негативно впливає на літосферу [10].

Структура негативного впливу залізничного транспорту на середовище включає порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозій і зсувів; постійний ріст рівня забруднення землі нафтою, свинцем, продуктами видування й опадання сипучих вантажів (вугілля, руда, цемент). Особливо небезпечні аварії на залізницях [14].

Досить небезпечною для довкілля є інфраструктура, пов'язана з будівництвом залізничних систем. Шпалопросочувальні заводи (ШПЗ) виробляють підготовку і просочення антисептиком дерев'яних шпал, що йдуть на ремонт і будівництво залізничних шляхів. В склад антисептика входять кам'яновугільне і сланцеве олії. На шпалопросочувальних заводах відбувається забруднення ґрунту і водойм. Стічні води ШПЗ насичені антисептиком, розчиненими смолами, фенолами потрапляють у ґрунт [8].

Те ж відноситься і до трубопровідного транспорту: будівництво та експлуатація трубопроводів здійснюють прямий вплив на ґрунти (і рослинність), яке приймає особливо загрозливого характеру у випадках прориву нафто-і газопроводів [10].

Антропогенний вплив на літосферу проявляється в вилученні родючих земель, створенні штучного рельєфу і підземних структур. Техногенний рельєф стає причиною штучної ерозії, яка призводить до виснаження ґрунтового шару. Негативні форми рельєфу антропогенного походження представлені виробітками, які утворюються при прокладанні транспортних магістралей. Позитивні форми рельєфу антропогенного походження пов'язані з насипами при прокладанні транспортних магістралей. Зараз в зв'язку з дефіцитом вільних земель в містах проходить заглиблення під землю: пішохідні і транспортні тунелі, автостоянки і гаражі, станції

метрополітену [9]. Прогресивною тенденцією у вирішенні проблеми зберігання індивідуального автотранспорту є спорудження багатоповерхових кооперативних гаражів і гаражів-готелів. Якщо при одноярусному способі зберігання (в одноповерхових гаражах, боксах, на відкритих стоянках) на один автомобіль в середньому потрібно 25-30 м² земельної ділянки, то при зберіганні в багатоярусних гаражів - не більше 15 м² (разом з проїздами, під'їздами, накопичувальними майданчиками і захисними зеленими насадженнями). Найбільш прийнятним типом споруди для зберігання автомобілів є багатоярусний гараж-стоянка на 500-1000 машино-місць [2]. При порушенні стійкості схилів, коли підрізається їх основа під час будівництва автомобільних і залізничних магістралей – техногенні зсуви [9].

1.4. Фізично хвильове забруднення навколишнього середовища

Під загальним умовною назвою хвильового забруднення середовища тут об'єднана велика група різнорідних фізичних явищ і впливів, які мають коливальну, хвильову природу і виходять від технічних джерел. Це вібрація, акустичні та електромагнітні впливу, що охоплюють величезний діапазон частот - від часток герца до мільйонів мегагерц. У загально-екологічному відношенні вони грають незрівнянно меншу роль, ніж хімічне і радіаційне забруднення екосфери. Але в сучасному середовищі проживання людини вони набувають все більшого значення.

Одним із проявів хвильового забруднення є вібрація. Під вібрацією розуміють малі механічні коливання низької частоти, що виникають в тілах під впливом змінного фізичного поля. Вібрація тіл з частотою більше 16-20 Гц супроводжується акустичним ефектом. До основних джерел вібрації в навколишньому середовищі відносять: міський і залізничний рейковий транспорт, інженерне обладнання будівель (ліфти, компресори, холодильні установки), важкі вантажні автомобілі, будівельні машини, технологічне обладнання ударної дії (молоти, преси тощо).

Іншим із проявів хвильового забруднення є шум. З фізичної точки зору, шум являє собою невпорядковане поєднання звуків різної частоти і інтенсивності. Шум характеризується звуковим тиском P (Па), інтенсивністю звуку / ($\text{Вт}/\text{м}^2$) і частотним діапазоном. Основними техногенними джерелами шуму є автомобільний, авіаційний та залізничний транспорт, газотурбінні установки, компресорні станції, галасливі виробництва промислових підприємств. Середні рівні звуку на автомагістралях великих міст складають 73-83 дБА, а максимальні - 90-95 дБ. У житлових будинках уздовж магістралей шум досягає 62-77 дБА при санітарних нормах 40 дБА в денний час і 30 дБА вночі [1].

Повітряний транспорт створює значне шумове забруднення. Шум створюють авіаційні двигуни повітряних суден, допоміжні силові установки літаків, спецавтотранспорт різного призначення, автомобілі з тепловими та вітровими установками, зроблені на базі відпрацьованих льотний ресурс авіадвигунів, обладнання стаціонарних об'єктів, на яких здійснюється технічне обслуговування і ремонт літальних апаратів. Рівні шуму досягають на перонах аеропортів 100 дБ, у приміщеннях диспетчерських служб від зовнішніх джерел - 90-95 дБ, всередині будівель аеровокзалів - 75 дБ.

Крім шумового впливу, авіація призводить до електромагнітного забруднення середовища. Його викликає радіолокаційна та радіонавігаційна техніка аеропортів і літальних апаратів, необхідна для спостереження за польотами літаків і погодою [8].

Також негативно досить впливовим є інфразвук, який являє собою область нечутних акустичних коливань з частотами менше 16 Гц. В повітрі інфразвук поглинається мало і завдяки великій довжині хвилі може поширюватися на великі відстані. Інфразвукові джерела можуть бути як природного, так і техногенного походження. Техногенними джерелами інфразвуку є тихохідні великогабаритні машини і механізми: віброплощини з числом циклів менше 20 разів в секунду, ракетні двигуни, двигуни внутрішнього згоряння великої потужності, газові турбіни, компресори,

транспортні засоби тощо. Ступінь впливу інфразвуку залежить від частотного діапазону, рівня звукового тиску та тривалості. За санітарними нормами рівень інфразвуку на території житлової забудови не має перевищувати 90 дБ [1].

Висновки по розділу 1

Експлуатація транспортних засобів призводить до комплексного забруднення навколишнього середовища.

Використання автомобілів, літаків, поїздів та інших видів транспорту супроводжується викидами шкідливих речовин, шумовим навантаженням, забрудненням ґрунтів і води. Це створює багатокомпонентний вплив на екологію, який охоплює атмосферу, гідросферу та біосферу, погіршуючи якість життя людей і стан природних екосистем.

Кожен вид транспорту має свої особливості і шкідливі фактори для екології. Автомобільний транспорт спричиняє значні викиди парникових газів і пилу, авіаційний — впливає на верхні шари атмосфери та створює шумове забруднення, залізничний — може забруднювати ґрунти мастильними матеріалами, а водний транспорт — негативно впливає на акваторії через витоки палива та шум, що шкодить морським екосистемам.

Забруднення атмосферного повітря властиве більшості видам транспортних засобів, але автомобільний транспорт є найпоширенішим. На сьогоднішній день більшість автомобільного транспорту оснащена двигунами внутрішнього згоряння, які призводять до викидів в атмосферу оксидів азоту, вуглецю, сірки та твердих частинок. Це призводить до утворення смогу, погіршення здоров'я населення і глобальних кліматичних змін. Навіть сучасні технології зменшення викидів лише частково вирішують проблему, але не усувають її повністю.

РОЗДІЛ 2. ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

2.1 Автомобільний транспорт в структурі забруднення довкілля України

Автотранспортний транспорт є джерелом інгредієнтного, параметричного, біоценотичного і стаціонарно-деструктивного видів забруднення довкілля.

Забруднення інгредієнте - внесення хімічних речовин, які кількісно або якісно чужі природним біогеоценозам.

Параметричне забруднення - зміна якісних параметрів довкілля за рахунок акустичних, електромагнітних і інших полів.

Біоценотичне забруднення полягає в дії на склад і структуру популяцій живих організмів, що населяють біогеоценоз.

Стаціонально-деструктивне забруднення (стація - житло популяції) - ця зміна ландшафтів в процесі природокористування, пов'язаного з оптимізацією природи в інтересах людини.

За даними статистики [1] найбільше забруднення від автомобільного транспорту доводиться на атмосферу. Його доля від усіх техногенних джерел складає: 43 % для викидів забруднюючих речовин; 10 % для викидів «кліматичних» газів. Крім того, основним джерелом шуму урбанізованих територій є автомобільний транспорт.

Автотранспортний комплекс є техніко-економічна структура, створена для перевезення вантажів і пасажирів, включає засоби забезпечення перевезень: рухомий склад, дороги, дорожньо-транспортну виробничу і сервісну інфраструктуру. Тому забруднення довкілля автотранспортний комплекс слід розглядати через джерела «автомобіль», «автотранспортний потік», «автомобільна дорога», «підприємства автомобільного транспорту».

За поширенням можна виділити наступні види забруднення:

Локальне (місцеве) - забруднення невеликого району, зазвичай довкола промислового підприємства, населеного пункту, транспортної магістралі.

Регіональне - забруднення, яке спостерігається у межах значного простору, але не охоплює усю планету.

Глобальне - забруднення, яке простежують в будь-якій точці планети далеко від джерела виникнення.

За підрахунками вітчизняних учених, найбільшої шкоди навколишньому середовищу завдає автомобільний транспорт, на частку якого у структурі викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферу у 2024 році в Україні припадало приблизно 97 %, питома вага забруднень від інших видів транспорту виявилася незначною (рис. 2.1).

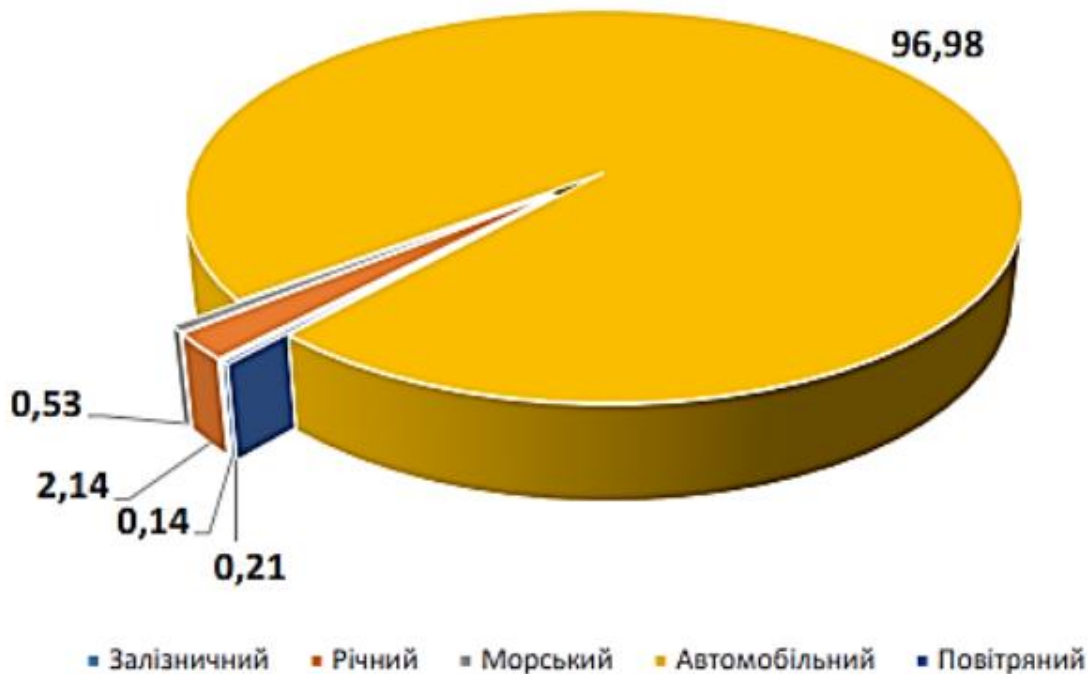


Рисунок 2.1 – Структура викидів забруднюючих речовин від різних видів транспорту в атмосферу в Україні у 2024 році, %

Автомобільний транспорт з двигунами внутрішнього згоряння спричиняє забруднення, вплив яких на атмосферу має різний характер поширення.

В таблиці 2.1 наведено види забруднення і їх вплив на довкілля.

Таблиця 2.1

Поширення забруднення автомобільного транспорту

Поширення і вплив	Тип забруднення
Локальне Безпосередній вплив на живі організми, який відбувається поблизу джерела забруднення	Сполуки азоту, сірки н альдегіди - причина легеневих хвороб; Оксид вуглецю - порушення постачання організму кисню; Сполуки свинцю - розлад центральної нервової системи; Поліциклічні ароматичні вуглеводні - зростання ризику онкології;
Регіональне Вплив на живі організми через зміну факторів оточуючого середовища в певному регіоні поширення забруднення	Сполуки азоту і сірки - спричинення кислотних опадів, Сполуки азоту, вуглеводні, сполуки сірки, сажа - складові смогів.
Глобальне Опосередкований вплив через порушення умов існування живих істот у масштабі планети	Хлорфторвуглеводневі сполуки (ХФВ) - порушення озонового шару; ХФВ, вуглекислий газ - порушення парникового ефекту і, як результат, потепління клімату.

За даними Державної служби статистики представлена таблиця 2.2 показників обсягів забруднюючих речовин у повітря від стаціонарних та мобільних джерел у забрудненні.

Таблиця 2.2

Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря
України

Обсяги викидів забруднюючих речовин у повітря в тис. т.		
Рік	Стаціонарними джерелами	Пересувними джерелами
1990	74,7	189,1
1991	74,9	
1992	62	151
1993	56,2	91,9
1994	37,5	72,1
1995	35,8	62,6
1996	33	57,6
1997	15,9	60,5
1998	15,8	60,4
1999	11,6	58,4
2000	11,6	52,7
2001	10,1	42,5
2002	9,3	43,1
2003	9,3	46,1
2004	10,1	49
2005	11	49,1
2006	14,8	68,6
2007	9,4	68,9
2008	11,9	72,1
2009	9,4	71
2010	5,3	68,9
2011	5,8	69,1
2012	6,4	67,2
2013	6	66,7
2014	7,2	56,6
2015	8,6	48,1
2016	9,7	44,6
2017	9,3	45,6
2018	12,4	42,7
2019	17,8	42,8
2020	17,6	38,8
2021	17,1	40,7
2022	6	
2023	5,5	
2024	6,5	

У зв'язку з бойовими діями немає офіційної статистики по викидах від мобільних джерел в останні три роки, але можна припустити, що кількість викидів від мобільних джерел зростає. Викиди від стаціонарних джерел знаходяться приблизно на одному рівні в період 1998 по 2024 рік, що пояснюється як і деяким падінням промислового виробництва так і впровадженням державних екологічних заходів. На основі аналізу даних побудовано графік (рис. 2.2), який демонструє, що частка викидів від мобільних джерел постійно, на протязі всього періоду спостережень перевищує частку від стаціонарних джерел в рази.



Рисунок 2.2 - Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних і мобільних джерел

Виходячи з цього можна стверджувати, що проблема викидів шкідливих речовин транспортними засобами є актуальною і не вирішується протягом останніх двох десятиліть, і потрібно вживати комплекс заходів для її вирішення.

2.2 Характеристика шкідливих атмосферних викидів автомобільного транспорту з двигунами внутрішнього згорання

Якщо розглядати автотранспорт за видами двигунів, можна з впевненістю

Основна частина забруднення довкілля від автомобіля утворюється при функціонуванні двигуна внутрішнього згорання.

Автомобільні двигуни внутрішнього згорання забруднюють атмосферу шкідливими речовинами, що викидаються з газами, що відпрацювали, газами картерів і паливними випарами. При цьому 95-99% шкідливих викидів сучасних автомобільних двигунів доводиться на газу, що відпрацювали, є аерозолем складного, залежного від режиму роботи двигуна, складу. Атмосферне повітря є окисником палив. При ідеальному згоранні суміші вуглеводневого палива з повітрям в продуктах згорання мають бути присутніми лише N_2 , CO_2 , H_2O . У реальних умовах газу, що відпрацювали, містять також продукти неповного згорання (оксид вуглецю, вуглеводні, альдегіди, тверді частки вуглецю, перекисні сполуки і водень), продукти термічних реакцій взаємодії азоту з киснем (оксиди азоту), неорганічні з'єднання тих або інших речовин, присутніх в паливі (сірчастий ангідрид, з'єднання свинцю і так далі).

Всього в газах, що відпрацювали, виявлені близько 280 компонентів, які можна підрозділити на декілька груп. Група нетоксичних речовин - азот, кисень, водень, водяна пара, вуглекислий газ. Група токсичних речовин - оксид вуглецю C , оксиди азоту NO_x , вуглеводні C_xH_y (парафіни, олефіни, ароматики та ін.), альдегіди $RxCHO$, сажа. При згоранні сірчастих палив утворюються неорганічні газу - сірчастий ангідрид SCh і сірководень H_2S . У окрему групу можна віднести канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні, найбільш активний з яких бензопирен, що є індикатором присутності канцерогенів в газах, що відпрацювали. У разі застосування етилированих бензинів утворюються токсичні з'єднання свинцю.

Таблиця 2.3

Склад відпрацьованих газів автомобільних двигунів внутрішнього згоряння

Склад	Наявність в загальному обсязі, %		Токсичність
	Бензин	Дизель	
N ₂	71-74	76-78	Не токсично
O ₂	0,2-2,0	2,0-18,0	Не токсично
H ₂ O	3,0-9,0	0,5-4,0	Не токсично
CO ₂	5,0-9,0	1,0-10,0	Не токсично
Pb	1,0-2,0	0,6-1,2	Не токсично
CO	0,1-3,0	0,01-0,5	Токсично
NO _x	0,05-0,1	0,001-0,4	Токсично
C _x H _y	0,02-0,03	0,009-0,5	Токсично
RxCHO (альдегід)	0,0-0,002	0,01-0,09	Токсично
S ₀₂	0,0-0,002	0,0-0,03	Токсично
Сажа	0,04	0,01-1,1	Токсично

Склад газів двох типів двигунів, що відпрацьовали, істотно розрізняється передусім по концентрації продуктів неповного згорання (оксид вуглецю, вуглеводні, сажа). Основними токсичними компонентами газів бензинових двигунів, що відпрацьовали, слід вважати CO, C_xH_y, NO_x і з'єднання свинцю, дизелів - NO_x, сажа.

Таблиця 2.4

Вміст шкідливих речовин в газах у %, що відпрацьовали, на характерних режимах роботи автомобілів

Компоненти газів, що відпрацьовали	Режим роботи			
	Холостий хід	Постійна швидкість	Прискорення від 0 до 40 км/год	Уповільнення від 40 до 0 км/год
Оксид вуглецю	0,5-8,5	0,3-3,5	2,5-5,0	1,8-4,5
Вуглеводні	0,03-0,12	0,02-0,6	0,12-0,17	0,23-0,44
Оксиди азоту	0,005-0,01	0,1-0,2	0,12-0,19	0,003-0,005

Таблиця 2.5

Джерела утворення шкідливих токсичних речовин

Тип викидів	Бензиновий двигун	Дизельний двигун	Коментар
CO ₂ (вуглекислий газ)	~100% (базовий рівень)	~85–90% від бензинового	Дизель ефективніший, тому виділяє менше CO ₂ на км
CO (чадний газ)	~100%	~20–30%	Бензинові двигуни виділяють у 3–5 разів більше CO
NO _x (оксиди азоту)	~30–40%	~100%	Дизельні двигуни виділяють у 2–3 рази більше NO _x
PM (тверді частинки, сажа)	~10%	~100%	Дизельні двигуни є головним джерелом дрібнодисперсних частинок
НС (незгорілі вуглеводні)	~100%	~50–60%	У дизельних двигунів менше незгорілих вуглеводнів
Pb (сполуки свинцю)	~100% (історично, при етилованому бензині) → зараз <5%	~0–5%	Свинець був характерний для бензину, нині практично відсутній

Пари палива - випар палива з паливних баків, елементів системи живлення двигунів: стиків, шлангів і так далі. Склад - вуглеводні палива різного складу.

Гази картерів - суміш газів, проникаючих через нещільність поршневих кілець з камери згорання в картер, і пари олії, що знаходиться в картері, а потім що потрапляють в довкілля.

Гази (C, C_xH_y, NO_x, сажа та ін.), що відпрацювали, - суміш газоподібних продуктів повного або неповного згорання палива, надмірного повітря і різних мікродомішок (газоподібних, рідких і твердих часток, що поступають з циліндрів двигуна в його випускні системи).

Розглянемо короткі характеристики основних токсичних компонентів :

Оксид вуглецю (С) - прозорий газ, що не має запаху, дещо легше за повітря, практично не розчиняється у воді. Потрапляючи в організм з вдихуваним повітрям, С знижує функцію кисневого живлення, що виконується кров'ю, оскільки поглинається С кров'ю в 240 разів вище за поглинання О.

С утворюється на поверхні поршня і на стінці циліндра, в якому активізація не відбувається внаслідок інтенсивного тепловідводу в стінки, поганого, що розпиляло палива і дисоціації CO_2 на С і O_2 при високих температурах.

У карбюраторних двигунів при роботі на малих навантаженнях зміст С досягає 5-8% при роботі на збагачених сумішах. Нормою токсичності двигуна допускається 2% зміст С при роботі.

Оксиди азоту (NO_x) - найтоксичніший газ з газів, що відпрацювали. У газах двигунів 90-99% усієї кількості оксидів азоту, що відпрацювали, складає NO . Проте вже в системі випуску і далі в атмосфері відбувається окислення NO - NO_2 . NO_2 - газ червонувато-бурого кольору, в малих концентраціях не має запаху, добре розчиняється у воді з утворенням кислот.

NO_x дратівливо діє на слизові оболонки очей, носа, залишається в легенях у вигляді азотної і азотистих кислот, що отримуються в результаті їх взаємодії з вологою верхніх дихальних шляхів.

Оксиди азоту сприяють руйнуванню озонового шару. Вважається, що токсичність NO_x більше в 10 разів, чим CO . Норма NO_x в повітрі - $0,1 \text{ мг/м}^3$.

Викид NO_x з газами, що відпрацювали, залежить від температури середовища. Чим більше навантаження двигуна, тим вище температура в камері згорання, і, відповідно збільшується викид NO_x .

Крім того, температура в камері згорання залежить від складу суміші. Занадто збіднена або збагачена суміш при згоранні виділяє меншу кількість теплоти, процес згорання сповільнюється і супроводжується великими втратами теплоти в системі, тобто в таких умовах виділяється менша кількість

NO_x, а викиди ростуть, коли склад суміші близький до стехіометричного (1кг палива до 15кг повітря).

Вуглеводні (C_xH_y) - етан, метан, бензол, ацетилен та ін. (близько 200 різних типів).

У дизельних двигунах C_xH_y утворюється в камері згорання із-за гетерогенної суміші, тобто полум'я гасне в дуже багатій суміші, де бракує повітря за рахунок неправильної турбулентності, низької температури, поганого розпилення.

Двигун викидає велику кількість вуглеводнів, коли працює в режимі холостого ходу, за рахунок поганої турбулентності і зменшення швидкості згорання. C_xH_y діє дратівливо на органи зору, нюх і дуже шкідливі для довкілля. Вуглеводні від пари бензину також токсичні.

Вуглеводневі з'єднання. Найбільш активну роль в утворенні смогу грають олефіни. Вступаючи в реакції з оксидами азоту під впливом сонячного опромінення, вони утворюють озон і інші

Фотооксиданти - біологічно активні речовини, що викликають роздратування очей, горла, носа у людей, завдаючи також збитку флорі і фауні.

Дим - непрозорий газ. Може бути білим, синім, чорним. Колір залежить від стану газів, що відпрацювали. Білий і синій дим - це суміш краплі палива з мікроскопічною кількістю пари. Утворюється із-за неповного згорання і подальшої конденсації. Білий дим утворюється, коли двигун знаходиться в холодному стані, потім зникає із-за нагріву. Наявність диму показує, що температура недостатня для повного згорання палива. Дим також негативно впливає на організм людини, тварин і рослинність. Чорний дим складається з сажі.

Сажа - безформне тіло без кристалічної решітки. У газах дизельних двигунів, що відпрацювали, сажа складається з невизначених часток розмірами 0,3-100 мкм.

Причина утворення сажі полягає в тому, що енергетичні умови в циліндрі дизельного двигуна опиняються недостатніми, для того, щоб молекула

палива зруйнувалася повністю. Легші атоми водню дифундують у багатий киснем шар, вступають з ним в реакцію і як би ізолюють вуглеводневі атоми від контакту з киснем.

Утворення сажі залежить від температури, тиску в камері згорання, типу палива, складу паливно-повітряної суміші.

Існують інші чинники утворення сажі - зони збагаченої суміші і зони контакту палива з холодною стінкою, а також неправильна турбуленція суміші.

При вдиханні сажі її частки викликають негативні зміни в системі дихальних органів людини. Якщо відносно великі частки сажі розміром 2-10мкм. легко виводяться з організму, то дрібні, розміром 0,5-2мкм., затримуються в легенях, дихальних шляхах, викликають алергію. Як і будь-хто аерозоль, сажа забруднює повітря, погіршує видимість на дорогах, але, найголовніше, на сажі адсорбуються ароматичні вуглеводні, у тому числі канцерогенний бензопирен, токсичні властивості якого добре відомі.

Норма сажі в газах, що відпрацювали, складає $0,8\text{г/м}^3$. Швидкість спалювання сажі залежить від розміру часток (при розмірі часток менше 0,01мкм сажа спалюється повністю).

Оксиди свинцю (PbO) виникають в газах карбюраторних двигунів, що відпрацювали, коли використовується етилірований бензин для підвищення октанового числа і зменшення детонації, тобто швидкого, вибухового згорання окремих ділянок робочої суміші в циліндрах двигуна із швидкістю поширення полум'я до 3000м/с, тиску газів, що супроводжується значним підвищенням. PbO викидається з газами, що відпрацювали, у вигляді аерозолів в з'єднанні з бромом, фосфором, хромом. Аерозолі потрапляючи в організм при диханні, через шкіру і з їжею, викликають отруєння, що призводить до порушення функцій органів травлення, нервово-м'язових систем, мозку. Свинець погано виводиться з організму і може накопичуватися в нім до небезпечних концентрацій.

Сірчистий ангідрид (SO_2) - безбарвний, з гострим запахом газ.

Подразлива дія на верхні дихальні шляхи пояснюється поглинанням SO_2 вологою поверхнею слизових оболонок і освітою в них кислот. Цей газ викликає роздратування очей, кашель, порушує білковий обмін і ферментативні процеси. SO_2 і H_2S також дуже небезпечні для рослинності.

SO_2 утворюється під час роботи двигуна з палива, що отримується з сірчистої нафти.

Альдегіди (R_xCHO). У газах, що відпрацювали, є присутніми в основному формальдегід і акролеїн ($\text{C}_x\text{H}_y\text{CHO}$).

Формальдегід - безбарвний газ з різким і неприємним запахом, дратує очі і верхні дихальні шляхи, вражає центральну нервову систему, печінку, бруньки. Акролеїн також має сильну подразливу дію.

Альдегіди утворюються при спалюванні палива при низьких температурах, при збідненій суміші, через окислення тонкого шару олії в стінці циліндра. Саме ці гази визначають запах газів, що відпрацювали.

2.3 Вплив роботи автомобільного транспорту на атмосферу

Атмосфера - це повітряна оболонка земної кулі. Вертикальна протяжність її досягає приблизно 20000 км. Верхня межа атмосфери умовна, сліди повітря виявляються і на значно більшій висоті (30000-35000 км.). Близько 95% усієї маси атмосфери міститься в шарі до 20000 км., а приблизно 50% в шарі до 5 км.

Атмосферне повітря - суміш різних газів. У його складі міститься приблизно 78,08% азоту, 20,95% кисню, 0,93% аргону, 0,03% вуглекислого газу. На долю інших газів (неон, гелій, метан, ксенон, радон та ін.) доводиться приблизно 0,01%.

Найважливіше завдання екології - визначення шляхів, напрямів і способів захисту повітряного середовища (атмосфери) від газопилового забруднення, шумів, електромагнітного і радіоактивного випромінювань. Останні три дії часто об'єднують терміном «фізичне забруднення».

Атмосфера грає роль захисної теплової оболонки, що оберігає землю від різких перепадів температури. Тільки для дихання одній людині в добу потрібно біля 20 м^3 повітря. Без їжі людина може прожити п'ять тижнів, без води п'ять - днів, а без повітря - п'ять хвилин. Крім того, підраховано, що за відсутності атмосфери середньорічна температура приземного шару складала б -23°C .

Основна частина повітря міститься в нижніх шарах атмосфери, що має складний характер по висоті. Нижній шар найбільш щільний. Він визначає погоду і містить близько 80% повітря, тягнеться до 12 - 15 км і називається тропосферою (тиск на висоті 3 км складає майже 0,7 від земного, а на висоті 9 км - 0,3. Над тропосферою до висоти 40 км знаходиться стратосфера і озоновий шар, що поглинає ультрафіолет.

Від 40 км до 1300 км розташована іоносфера. Шар іонізованого газу, що визначає відображення і проходження радіохвиль.

Вище за іоносферу (до 10 тис. км) розташовується екзосфера. У атмосфері постійно відбувається відхилення температури, тиску і вологості від розрахункових величин, зухвалі вітри, що призводять до перенесення забруднень.

Основний компонент повітря - азот (78%), кисень (21%), аргон (0,9%) і домішки (неон, криптон, ксенон). В повітрі містяться пари води і двоокис вуглецю (CO_2 близько 0,03%, що складає 1,56/1012 т.).

Основними процесами при дії транспорту і автомобільних доріг з їх інфраструктурним комплексом на довкілля являються:

горіння, термогазодинамічні процеси в двигунах, технологічних печах і облаштуваннях спалювання твердих, рідких і газоподібних копалин палива для отримання електричної, теплової енергії, пари, стислого повітря;

каталітична нейтралізація, абсорбція, перегонка рідин, рідинна екстракція, адсорбція, сушка, розчинення і екстрагування, кристалізація, що реалізуються на етапах життєвого циклу об'єктів транспорту;

випар, втрати палива, експлуатаційних рідин, лакофарбних і інших

матеріалів при створенні, обслуговуванні і ремонті транспортної техніки;

знос деталей, вузлів машин, елементів транспортних засобів, дорожнього одягу (викиди часток конструкційних матеріалів, продуктів зносу шин, дорожнього покриття, функціональних матеріалів);

- пластична деформація, механічна

електромеханічна обробка матеріалів, очищення деталей на етапах життєвих циклів об'єктів транспорту; віброакустичне випромінювання об'єктів транспорту і частин машин, що рухаються, а також випромінювання електромагнетизму електричних машин і електронних пристроїв, використовуваних для управління в технологічних процесах реалізації життєвих циклів об'єктів транспорту і управління рухом, інші види енергетичного забруднення.

Найбільш значний ущерб довкіллю наносять вихлопні гази, що є продуктом переробки в двигунах внутрішнього згорання автомобіля робочої суміші (суміш повітря і палива). Гази, що відпрацювали, можна назвати основним елементом шкідливої дії автомобіля на природне довкілля.

Утворення токсичних речовин - продуктів неповного згорання і оксидів азоту в циліндрі двигуна в процесі згорання відбувається принципово різними шляхами. Перша група токсичних речовин, пов'язана з хімічними реакціями окислення палива, що протікають як в передполум'яний період, так і в процесі згорання - розширення. Друга група токсичних речовин утворюється при з'єднанні азоту і надмірного кисню в продуктах згорання. Реакція утворення оксидів азоту носить термічний характер і не пов'язана безпосередньо з реакціями окислення палива.

Таким чином, найбільший збиток від роботи автотранспортних засобів наноситься атмосферному повітрю. Особливо гостро проблема забруднення атмосферного повітря стоїть в містах. Враховуючи темпи урбанізації, спостережувані у всьому світі ця проблема набуває катастрофічного характеру. Автомобільний парк, що є одним з основних джерел забруднення довкілля, зосереджений в основному в містах. Якщо в середньому у світі на 1

км² території доводиться п'ять автомобілів, то щільність їх в найбільших містах розвинених країн у багато разів вище. У усіх країнах світу триває концентрація населення у великій міській агломерації. У містах з населенням 100 тис. і більше проживає понад 3 млрд. чоловік, т. е. майже в 10 разів більше в порівнянні з початком століття. Випереджаючі темпи росту чисельності міського населення характерні для менш індустріально розвинених країн.

З розвитком міст і ростом міської агломерації все більшу актуальність придбавають своєчасне і якісне транспортне обслуговування населення, а також охорона довкілля від негативної дії міського, особливо автомобільного транспорту. Автомобілі спалюють величезну кількість цінних нафтопродуктів, а також повітря, завдаючи одночасно відчутної шкоди довкіллю, головним чином, атмосфері. Оскільки основна маса автомобілів сконцентрована у великих і найбільших містах, повітря цих міст не лише обідняється киснем, але і забруднюється шкідливими компонентами газів, що відпрацювали.

2.4 Наслідки для людини і довкілля від забруднення викидними газами

Дія сірчистого газу і його похідних на людину і тварин проявляється передусім в поразці верхніх дихальних шляхів, під впливом сірчистого газу і сірчаної кислоти відбувається руйнування хлорофілу в листі рослин, у зв'язку з чим погіршується фотосинтез і дихання, сповільнюється ріст, знижується якість деревних насаджень і врожайність сільськогосподарських культур, а при більш високих і тривалих дозах дії рослинність гине.

Забруднена атмосфера викликає збільшення числа захворювань дихальних шляхів. Стан атмосфери позначається на показниках захворюваності навіть в різних районах індустріальних міст. Наприклад, в Москві схильність до бронхіальної астми, бронхіту, кон'юнктивіту, фарингіту, тонзиліту, хронічним отитам на 40-60% вище в районах з підвищеним рівнем

забруднення атмосферного повітря.

Забруднення чинять і інші несприятливі дії, призводячи до таких проблем як парниковий ефект, озонові "діри", зможи, "кислотні дощі".

Накопичення вуглекислого газу в атмосфері - одна з головних причин парникового ефекту, що зростає від розігрівання Землі променями Сонця. Цей газ не пропускає сонячне тепло назад в космос.

В порівнянні з доіндустріальною епохою концентрація двоокису вуглецю в атмосфері збільшилася на 28%. Якщо людство не вживе заходи, щоб скоротити викиди цих газів, до середини майбутнього століття середня глобальна температура приземної атмосфери підвищиться на 1,5-4,5°C.

Рівень Світового океану підніметься до 2030 р на 20 см, що приведе до затоплення деяких ділянок суші.

Одним з головних джерел забруднення атмосфери вуглекислим газом є автомобільний транспорт. Є декілька шляхів боротьби з цим видом забруднень: технічне вдосконалення двигунів, паливної апаратури; підвищення якості палива, зниження вмісту токсичних речовин у вихлопних газах в результаті застосування нейтралізаторів, каталітичних каталізаторів; використання альтернативних видів палива та ін.

Існує потужний споживач CO₂ - це рослинність суші, споживаюча 20-30 млрд. т. вуглецю у формі CO₂, і водорості світового океану, споживаючі близько 40 млрд. т. вуглецю в рік. Проте це не вирішує проблему глобального потепління, рішення якої вимагає невідкладних заходів.

Стратосферний озоновий шар захищає людей і живу природу від жорсткого ультрафіолетового і м'якого рентгенівського випромінювання в ультрафіолетовій частині сонячного спектру. Кожен втрачений відсоток озону в масштабах планети викликає до 150 тис. додаткових випадків сліпоти із-за катаракти, на 2,6% збільшує число ракових захворювань шкіри. Встановлено, що жорсткий ультрафіолет пригнічує імунну систему організму.

Озонова захисна оболонка дуже невелика: всього 3 млрд. т. газу, найбільша концентрація - на висоті 20-25 км; якщо гіпотетично стиснути цю

оболонку при нормальному атмосферному тиску, вийде шар всього в 2 мм, проте без нього життя на планеті неможливе.

Запуск ракет, польоти реактивних літаків у високих шарах атмосфери, застосування різних видів озброєнь, щорічне знищення природного озонатора - мільйонів гектарів лісу - пожежами і хижацькою рубкою масове застосування фреонів в техніці, парфюмерній і хімічній продукції в побуті - головні чинники руйнування озонового екрану Землі.

У 1987 р. уряди 56 країн, підписали Монреальський протокол, по якому зобов'язалися в найближче десятиліття удвічі скоротити виробництво фторовуглеців та інших речовин, що руйнують озоновий шар. Пізніші угоди (у 1990 р. в Лондоні, в 1992 р. в Копенгагені) містять заклик поступово припинити виробництво таких речовин.

У 1997 р. виповнилося 10 років з моменту підписання Монреальського протоколу. За цей час здійснювалася широка міжнародна співпраця по охороні озонового шару Землі. Завдяки погодженим зусиллям міжнародного співтовариства за ці роки виробництво і споживання речовин, найбільш небезпечних для озонового шару, скоротилося більш ніж удвічі. Зупинений ріст змісту в атмосфері озоноруйнуючих речовин. Учені вважають, що вже найближчими роками почнеться відновлення озонового шару. Але доки ця проблема залишається актуальною.

З 30-х рр. над Лос-Анджелесом в теплу пору року став з'являтися смог - туман вологістю близько 70%. Це явище назвали фотохімічним туманом, оскільки для його виникнення потрібне сонячне світло, що викликає складні фотохімічні перетворення суміші вуглеців і оксидів азоту, що поступили в повітря в результаті автомобільних викидів, в речовини, що значно перевищують по своїй токсичності початкові атмосферні забруднення.

Фотохімічний туман супроводжується неприємним запахом, різко знижується видимість, у людей запалюються очі, слизові оболонки носа і горла, виникає задуха, загострюються легеневі захворювання, бронхіальна астма. Фотохімічний туман ушкоджує і рослини. Спочатку на листі з'являється

водне набрякання, через деякий час нижні поверхні листя придбавають сріблястий або бронзовий відтінок, а верхні стають плямистими з білим нальотом. Потім настає швидке в'янення.

Нині у багатьох великих містах світу - Нью-Йорку, Чикаго, Бостоні, Детройті, Токіо, Мілані - утворюється фотохімічний туман. У містах України подібних явищ не спостерігалось, проте умови для них можуть виникнути.

Кислотні дощі, що містять розчини сірчаної і азотної кислот, завдають значного збитку природі. Земля, водойми, рослинність, тварини і будівлі стають їх жертвами. Збільшення кислотності водойм призводить до загибелі риб і водяних рослин.

Все більшого збитку кислотні дощі завдають сільськогосподарським культурам: ушкоджуються покривні тканини рослин, змінюється обмін речовин в клітинах, рослини уповільнюють ріст і розвиток, зменшується їх опірність до хвороб і паразитів, падає врожайність.

Кислотні дощі не лише вбивають живу природу, але і руйнують пам'ятники архітектури. Міцний, тверді мармур, суміш оксидів кальцію (CaO і CO_2), реагує з розчином сірчаної кислоти і перетворюється на гіпс (CaSO_4). Зміна температур, потоки дощу і вітер руйнують цей м'який матеріал. Історичні пам'ятники, простоявши тисячоліття, останніми роками руйнуються прямо на очах.

Рятувати природу від закислення необхідно. Для цього доведеться різко понизити викиди в атмосферу оксидів сірки і азоту, але в першу чергу сірчистого газу, оскільки саме сірчана кислота і її солі на 70-80% обумовлюють кислотність дощів, випадних на великих відстанях від місця промислового скидання.

2.5 Нормування гранично допустимих викидів на транспорті

Нормативи гранично допустимих викидів і скидань шкідливих речовин, а також шкідливих мікроорганізмів і інших біологічних речовин, що

забруднюють атмосферне повітря, воду і ґрунт, встановлюються з урахуванням виробничих потужностей об'єктів ТДК і даних про наявність мутагенного ефекту і шкідливих наслідків по кожному джерелу забруднення - згідно з діючими нормативами гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин в природному довкіллі.

Нормативи гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин дають екологічну і санітарно-гігієнічну оцінку стану природного довкілля, але не вказують на джерело шкідливої дії і не регулюють його поведінку. Цю функцію виконують нормативи гранично допустимих викидів і скидань шкідливих речовин (ПДВ).

Згідно ГОСТ 17.2.3.02-78 (Охорона природи. Атмосфера. Правила встановлення допустимих викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами встановлюються для кожного джерела забруднення за умови, що викиди шкідливих речовин від цього джерела або від сукупності джерел міста або іншого населеного пункту з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств і розсіювання шкідливих речовин в атмосфері не створять приземну концентрацію, що перевищує їх гранично допустимі концентрації (ГДК) для населення, рослинного і тваринного світу.

Під викидами розуміється вступ речовини з відповідного джерела в атмосферу. Регулювання викидів шкідливих речовин автотранспортом практично розпочався з 1970 р. Його розвиток йде по трьох векторах: першому - розробка і вдосконалення нормативів викидів шкідливих речовин і вихлопних газів автомобіля, другому - підвищення економічності двигуна, третє, - впровадження малотоксичного екологічно чистого палива.

Нормуються екологічні вимоги до об'єктів транспорту і транспортних технологій у вигляді гранично допустимих норм викиду токсичних речовин з азами транспортних засобів, рівнів шуму, вібрації, електромагнітних полів, питомих об'ємів споживання окремих видів природних ресурсів, рівня комфорту та ін., що відпрацювали

Ці норми безпосередньо не пов'язані з ГДК окремих домішок в

атмосферному повітрі, воді, ґрунту на конкретних площах території і встановлюються як компроміс в задоволенні різноспрямованих вимог (громадська потреба, технічна можливість реалізації, вартість). Підходи до вирішення цієї комплексної проблеми (взаємноув'язки екологічних нормативів об'єктів транспорту з санітарно-гігієнічними нормами) можна знайти, наприклад, в роботі.

Нормування токсичності газів транспортних засобів, що відпрацювали, здійснюється з метою отримання порівнянних оцінок екологічної досконалості різних конструкцій і управління рівнем дії на ОС. Комплекс стандартів включає два види випробувань : перевірку автотранспортного засобу в експлуатації експрес-методами і сертифікаційні випробування автомобілів або двигунів на стендах.

Експлуатаційні випробування здійснюються без зняття двигуна з автомобіля портативною апаратурою і призначені для оцінки технічного стану автотранспортних засобів шляхом виміру концентрації в газах двигунів, що відпрацювали, з іскровим запаленням С і СхНу, також димності дизелів.

Для оцінки екологічних показників автотранспортних засобів застосовуються п'ять типів випробувань на спеціальних стендах, в результаті яких перевіряється відповідність нормам:

- 1-рівня змісту у вихлопних газах С, СхНу, NO_x
- 2-твердих часток після запуску холодного двигуна при імітації
- 3-рухи автомобіля;
- 4- концентрації С в режимі холостого ходу;
- 5- викидів газів картерів;
- 6- викидів в результаті випару палива з системи живлення;

Сертифікаційні випробування (приймальні, інспекційні) автомобілів здійснюються при сертифікаційних випробуваннях на заводах або в спеціальних центрах. Токсичність оцінюється при виконанні заданої сукупності режимів, що називаються циклами.

Висновки до розділу 2

Масове використання автомобілів призводить до значних екологічних наслідків: забруднення повітря, шумове навантаження, утворення відходів від використання палива та мастильних матеріалів.

Найбільш шкідливою дією автомобільного транспорту на навколишнє середовище є забруднення атмосферного повітря.

Викиди відпрацьованих газів містять оксиди азоту, вуглецю, сірки та тверді частинки, що негативно впливають на здоров'я людей і стан екосистем. Забруднене повітря спричиняє провокує захворювання, погіршує якість життя та сприяє глобальним кліматичним змінам.

Це питання особливо актуальне для великих міст, де концентрація транспорту надзвичайно висока.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

3.1 Альтернативні види моторного палива, переваги і недоліки використання і їх роль в захисті довкілля.

Паливо на основі нафти використовується вже більше 100 років і є еталоном, по якому вимірюється ефективність будь-якого альтернативного палива. Сучасні бензин і дизельне паливо значно відрізняються від палива, яке використовувалося на зорі автомобілебудування, а еволюція технологій двигунів дозволяє поступально мінімізувати кількість шкідливих викидів. Інфраструктура, орієнтована на звичайне паливо, добре відлагоджена. Усе це говорить на користь того, що в найближчі десятиліття сира нафта буде і надалі використовуватися як основне джерело енергії в автомобільному транспорті.

Значний недолік палива на основі нафти полягає у великій кількості інгредієнтів: вуглеводні утрудняють оптимізацію процесу згорання; інші інгредієнти, такі як ароматичні речовини, небажані, оскільки вони тільки збільшують викиди забруднюючих речовин, тому метою виробників палива є їх усунення за допомогою нових виробничих процесів.

Проте, пошуки альтернативи сирій нафти ведуться багато десятиліть. Окрім екологічних чинників, гостро стоїть питання запасів сирій нафти, які є непоновлюваними. Окрім рідкого палива, продукти нафтопереробки використовуються для виробництва більше, ніж 6000 найменувань продуктів, включаючи косметичну і харчову промисловість. За прогнозами, світового запасу нафти, що становить на сьогодні 1,7 трлн. барелів, людству вистачить на 50 років. Розрахунки запасів нафти ґрунтуються на «доведених запасах», що означає ту кількість, яку можна добути при існуючих технологіях.

Цей чинник укупі з необхідністю проведення ефективних заходів по захисту довкілля примушує постійно повертатися до питання розвитку альтернативних видів палива. Адже як би далеко не зробили крок технології і яких би результатів ні вдалося добитися, проблема шкідливих автомобільних

викидів так і залишилася не до кінця вирішеної.

На сьогодні більшість альтернативних видів палива існують лише в якості майбутньої концепції, але деякі з них активно просуваються. Слід зазначити, що досі бензинові і дизельні двигуни мають переваги по ряду критеріїв. Основні проблеми полягають в непропорційно високій вартості постачань альтернативного палива в порівнянні із звичайними видами палива. Інша проблема полягає в тому, що більшість альтернативних видів палива не мають необхідної кількості потенціалу для заміни бензину і дизеля.

Неоднозначним є і екологічний баланс деяких альтернативних видів палива. Проте, поточні дослідження в цій області заслуговують на пильну увагу, оскільки мають велике значення для майбутнього, коли вибір екологічної і економічної альтернативи бензину і дизелю визначатиме ціну майбутньої мобільності, яка повинна залишатися доступною для широких верств населення, що буде можливо тільки при адекватних альтернативах.

Довгий час тема альтернативних видів палива ігнорувалася як автовиробниками, так і споживачами, але останніми роками в цій області з'явилося багато нових розробок і розширилася географія його застосування. Інтерес до більше екологічного палива виріс і завдяки усвідомленому відношенню споживачів до тієї ролі, яку особисто вони грають в забрудненні довкілля. Багато автовласників стали замислюватися про шкоду, що наноситься довкіл्लю їх автомобілем, і звертати свою увагу на більше щадні для екології варіанти, що стало можливим у тому числі завдяки росту обізнаності про альтернативне паливо.

На сьогодні повноцінна альтернатива, яка за усіма параметрами підходила б для масового ринку, поки відсутній. Для реалізації мобільності екологічно чистим і економічно ефективним способом сьогодні пропонуються альтернативні варіанти, до яких відносяться види палива, що здатні забезпечити необхідну потужність двигуна, але виключають використання нафтопродуктів, повністю замінюючи основне паливо, або застосовуючись в якості добавок.

Найбільш перспективними видами альтернативного палива на сьогодні є зріджений нафтовий газ, природний газ (метан) і біометан, зріджений природний газ, біоетанол, біодизель, водень і електрика.

Екологічно чистий, недорогий і легко такий, що модифікується зріджений нафтовий газ (Liquefied petroleum gas - LPG) при нормальному тиску і температурі знаходиться в газоподібному стані, переходячи в рідкий стан при збільшенні тиску. Зріджений нафтовий газ (ЗНД) є сумішшю газів Бутану і пропана, що отримується в якості продукту переробки нафти на нафтопереробних заводах або при видобутку нафти і природного газу. У зрідженому стані пропан-бутанова суміш може зберігатися при діапазоні температур від -40°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Зріджений нафтовий газ не вивітрюється, тому його легко перевозити і зберігати.

В порівнянні з бензином і дизельним паливом, пропан-бутанова суміш має більш високе октанове число - 90-110. Використання зрідженого нафтового газу подовжує термін служби деталей, оскільки він не викликає корозію, а рівень шуму, вироблюваний автомобілем, знижується на 3-8 дБ. Його енергоефективність нижча, ніж у бензині, тому його витрата вище на 10-20%, що компенсується, проте, нижчою ціною. Перевага ЗНД полягає і в тому, що він згорає ефективніше, ніж звичайні види палива навіть при холодному двигуні, і робить менше шкідливих викидів. Важливу роль для екології грає нижча, в порівнянні з бензиновим двигуном, токсичність викидів : оксид вуглецю - в 2-3 рази, оксид азоту - в 1,2 разу, вуглеводень - в 1,3-1,9 разів. Порівняно з дизельним паливом ЗНД робить на 60% менше вуглекислого газу, і на 90% менше мікрочасток сажі і оксидів азоту. Внаслідок того, що зріджений нафтовий газ не розчиняється у воді, він не представляє загрози забруднення для ґрунту.

Існують як автомобілі, що використовують як паливо виключно зріджений нафтовий газ (так звані «моновалентні» автомобілі), так і бивалентні, мають два паливні баки і працюючі на газі або бензині. Водій має можливість перемикатися між двома видами палива, вибираючи оптимальний

режим. Більшість автомобілів з бензиновими (але не з дизельними) двигунами можуть бути легко перетворені для роботи на цьому альтернативному паливі.

Відмінним паливом для дизельного двигуна може служити стислий, природний газ (Compressed natural gas CNG), основу якого складає метан. Спочатку природний газ вважався побічним продуктом видобутку нафти, але згодом ці корисні копалини почали добувати окремо. Як і нафта, природний газ є непоновлюваним ресурсом. Згідно з сучасними знаннями, статичний діапазон запасів і ресурсів природного газу приблизно в два рази більший, ніж у нафти.

Метан стискають, після чого закачують в автомобільні балони. Високий тиск, під яким стискається природний газ, вимагає міцних товстостінних балонів, що припускають значний простір для розміщення. З цієї причини природний газ найчастіше використовується для середньо - і великотоннажних автомобілів і сільськогосподарської техніки.

Автомобілі, працюючі на природному газі, вимагають частішої дозаправки: для порівняння, відстань, яку можна здолати на стислому природному газі в 3,5 разу менше, ніж на зрідженому нафтовому газі при однаковій місткості балонів.

Природний газ забезпечує найнижчі прямі викиди CO₂ на одиницю енергії, що виробляється з викопного палива. Вони майже на 28% нижче значень викидів бензину або дизельного палива, тому природний газ зазвичай вважається «чистим» джерелом первинної енергії, незважаючи на його викопне походження.

Одним з найперспективніших видів альтернативного палива в основному для вантажного транспорту і пасажирських перевезень (автобусів міжміських маршрутів, що долають великі відстані) являється зріджений природний газ (Liquefied natural gas - LNG). Зріджений природний газ - це криогенна рідина без кольору і запаху, що складається в основному з метану, яка може містити невеликі кількості етану, пропану, бутану, азоту і інших компонентів, присутніх в природному газі.

При атмосферному тиску, залежно від складу, СПГ кипить при температурі приблизно мінус 160⁰ С. При цій температурі пари СПГ мають більшу щільність, ніж навколишнє повітря. Дуже невеликі об'єми рідини перетворюються на великі об'єми газу. З одного об'єму СПГ утворюється приблизно 600 об'ємів газу.

Нижчий тиск зберігання СПГ, в порівнянні з КПГ, дозволяє використати менше по масі в 3-4 рази і за об'ємом в 1,5-3 рази газове устаткування. При порівнянних розмірах паливних баків для СПГ і балонів для КПГ, використовуючи як паливо зріджений природний газ, можна здолати в два рази більшу відстань. Середня заправка вантажівки зрідженим метаном складає 100 кг, а витрату СПГ - 23,5 кг/100 км.

Токсичність викидів транспорту, працюючого із застосуванням газу, знижується за змістом оксиду вуглецю в 3-4, оксидів азоту — в 1,2-2,0, альдегідів — в 1,2-1,4 разу.

Ферментація органічних матеріалів створює особливо екологічний варіант природного газу. Біогаз може використовуватися без обмежень в якості палива в транспортних засобах, працюючих на природному газі. У складі біогазу міститься 50-80% метану CH_4 , 20-50% вуглекислого газу CO_2 , 1% сірководня (H_2S) і незначних слідів азоту N_2 , кисню O_2 і водню H_2 , а також продуктів метанового бродіння органічних речовин рослинного і тваринного походження. Енергія 1м³ біогазу (20-25 МДж) еквівалентна енергії 0,6 м³ природного газу, 0,74 л нафти або 0,66 л дизельного палива.

Виробництво біогазу - високоефективного палива - є повністю екологічним. В якості сировини для його отримання використовуються органічні відходи, у тому числі пташиний послід, відходи рибного виробництва, трава, побутові відходи і тому подібне. Біогаз роблять також із спеціально вирощеної для цих цілей силосної кукурудзи. Вважається, що на біопаливі, отриманому з одного гектара кукурудзи, вісім автомобілів можуть проїздити близько 10 000 км в рік.

Біогаз відноситься до поновлюваних джерел енергії, при цьому, в

порівнянні з дизельним паливом, біогаз робить на 75% менше шкідливих викидів, а в порівнянні з бензином - на 50%. Викиди, вироблювані при роботі двигуна на біогазі, практично не містять канцерогенів, а його вплив на озоновий шар на 60-80% нижче, ніж у нафтових видів палива. /47/

Рослинна сировина використовується і для виробництва біоетанолу - звичайного етанолу, але отриманого з поновлюваної сировини - зернових культур, цукрового буряка і очерету, кукурудзи.

Для сучасних двигунів внутрішнього згорання, як правило, використовується не чистий біоетанол, а його суміш з бензином. Паливо маркірується залежно від відсоткового вмісту в ній біоетанолу і бензину : суміші з низьким вмістом етанолу - E5, E7, E10, де E - означає етанол, а цифри 5, 7 і 10 - його зміст. Високий вміст етанолу в паливі з маркіровкою E85 (85% етанолу) і E100 (96% етанолу і 4% води).

Найпоширенішими видами палива з біоетанолом є E10 і E85. Близько 90 відсотків усіх автомобілів з бензиновими двигунами можуть використати E10 без яких-небудь проблем. На відміну від E10, використати E85, що має у складі 85% біоетанолу і 15% бензину, можуть тільки гнучко-паливні транспортні засоби (Flexible - fuel vehicle - FFV). У цих автомобілях датчик вимірює співвідношення суміші етанолу і бензину у баку і відповідним чином регулює момент запалення. Крім того, усі деталі спроектовані таким чином, що етанол не чинить на них негативної дії, на відміну від звичайних автомобілів, в яких може постраждати двигун.

Біоетанол при згоранні виробляє стільки CO₂, скільки споживали рослини, використані для його виробництва. У питанні захисту довкілля важливо і те, що пари етанолу розсіюються швидше, ніж бензинові, а його викиди є менш токсичними і не містять канцерогенів.

Рослинні олії або тваринні жири є основою і для виробництва біодизелю - біопалива, яке іноді називають також сільськогосподарським дизельним паливом. Біодизель - це паливо, що отримується шляхом змішення рослинних олій (у Європі частіше за усе рапсове, в Південно-східній Азії - пальмового, а

в Північній Америці - соєвого) з метанолом. Потім суміш нагрівають. Після цього процесу, який називається переестерифікацією, утворюються дві фази: з одного боку, біодизельне паливо, і з іншого боку, гліцерин. Процес переестерифікації у біодизелі гарантує, що в'язкість і займистість палива відповідатимуть в'язкості звичайного дизеля і тому його можна використати в якості палива. Проте біодизельне паливо потребує добавок, щоб його можна було використати і взимку при низьких температурах.

Біодизель також може бути отриманий з водоростей, але ці процеси ще не до кінця відпрацьовані. Енергія з водоростей ще не може бути зроблена економічно ефективно. Нині, проте, проводяться інтенсивні дослідження в цьому напрямі.

Використання біодизеля в транспортному засобі можливе тільки у тому випадку, якщо це схвалено виробником. Це альтернативне біопаливо є досить агресивним по відношенню до гумових деталей, пластмаси, лакофарбного покриття. Крім того, при низьких температурах можуть утворюватися кристалоподібні відкладення, які необхідно видаляти.

З точки зору екології, біодизель є нешкідливим для води і ґрунту, оскільки піддається майже повному біологічному розпаду. Що стосується викидів CO₂, то їх кількість відповідає тій кількості, яку було поглинено рослинами, що є сировиною для виробництва біопалива.

Необмежені запаси в природі роблять водень ще одним перспективним видом альтернативного палива. Водень (H₂) входить до складу багатьох органічних сполук. Це нетоксичний газ без запаху, який в чистому вигляді не зустрічається. Існує два поширені методи виділення водню з його органічних сполук: паровий риформинг метану, при якому водень утворюється в дві технологічні стадії з додаванням перегрітої пари, і електроліз - розщеплювання води на кисень і водень.

Водень є джерелом енергії з дуже високою щільністю енергії: 1 кілограм водню містить стільки ж енергії, скільки майже 3 літри бензину.

Автомобілі, які використовують водень як паливо, перетворюють його

на електрику. На відміну від електромобіля, електрика генерується безпосередньо в транспортному засобі і зберігається у батареї. Замість великої батареї, як у електромобіля, в автомобілях з паливними водневими елементами встановлюється тільки маленька батарея, яка служить тимчасовим сховищем. Транспортний засіб на паливних елементах в якості вихлопних газів виділяє тільки пари води.

На відміну від електромобілів, заправка водневим паливом не вимагає тривалого часу: резервуар заповнюється за три-п'ять хвилин. Сучасні автомобілі на водневому паливі придатні для далеких поїздок: від 4 до 6 кг водню достатній для подолання 500 км. В паливному елементі практично відсутні частини, що рухаються, що забезпечує довгий термін служби. Воднеавтомобіль забезпечує дорожній рух з нульовим рівнем викидів.

Найпопулярнішим на сьогодні альтернативним видом палива є електрика. На відміну від двигунів внутрішнього згорання, електромобілі, що використовують як паливо електричний струм, наводяться в дію електродвигуном, який у свою чергу, живиться від батарей. Електродвигун працює як генератор - тільки навпаки: він перетворює електрику на рух.

Коли йдеться про електричну мобільність, основна увага приділяється дальності дії. Енергетична щільність батарей не особливо висока, а менше електрики автоматично означає менший радіус дії. На відміну від двигуна внутрішнього згорання, дальність пробігу не може бути розрахована на основі об'єму бака. Звичайні електромобілі при повній зарядці можуть долати відстань до 250 км. Цих діапазонів цілком достатній для міських поїздок, проте, далекі поїздки мають бути добре сплановані залежно від розташування електричних заправних станцій.

Електромобілі не роблять шкідливих викидів, оскільки для руху транспортного засобу не використовуються нафтопродукти, олії, антифризи. Проте, вуглецевий слід від виробництва електромобіля вище на 20-60%, чим у їх бензинових аналогів. Адже екологічність залежить не лише від палива. Викиди, а також витрати енергії на здобич сировини, виробництво і

використання автомобіля, а також утилізацію або переробку також мають бути взяті до уваги.

Акумулятори електромобілів іноді містять рідкісні метали. При цьому дуже небагато батарей сьогодні призначені для подальшої переробки і, отже, для повторного використання їх окремих компонентів.

Спроби часткового заміщення звичайного палива альтернативними робляться у багатьох країнах. Лідером індустрії біопалива є Бразилія, де дві третини автотранспорту використовують як паливо біоетанол. В якості сировини для біоетанолу використовується цукрова тростина. Бразильська автомобільна промисловість орієнтована передусім на автомобілі з гнучким вибором палива, які можуть працювати на паливі зі змістом будь-якої пропорції етанолу, включаючи E100.

Економічна ефективність використання біоетанолу складається з декількох чинників, до яких відносяться кліматичні умови для вирощування сировини, рівня заробітної плати і технології переробки. У Бразилії усі ці чинники виявилися сприятливі для виробництва. Собівартість виробництва біоетанолу у Бразилії складає 0,19-0,2 \$ за літр при ринковій вартості 0,4 \$. У Європі ці показники наступні: собівартість виробництва - 0,5\$, ринкова вартість - 1,07\$.

У США при собівартості виробництва біоетанолу 0,3\$ за літр ринкова вартість складає 0,42\$. Тут, на батьківщині першого автомобіля, працюючого на етанолі - моделі Ford T, зроблений на заводі Генрі Форда на початку XX століття, частіше використовується паливо марки E85. Таке співвідношення бензину і етанолу дозволяє запускати двигун навіть при температурі нижче 11°C. Взимку в США продають паливо з ще нижчим змістом етанолу - E70, використання якого знижує викиди етанолу.

Міра розвитку альтернативних джерел палива в США залежить від політики кожного штату. Наприклад, в Орегоні законодавчо закріплений продаж виключно бензину з 10% -ним змістом етанолу, а також пропонується продаж дизельного палива в обов'язковій суміші з 2% біодизеля. У штаті

Міннесота зміст біодизеля повинен досягати 20%. А в Каліфорнії прийнята програма, що припускає повний перехід на екологічний громадський транспорт, що не виробляє шкідливих викидів, яка має бути реалізована в майбутні 20 років. Нові правила повністю забороняють закупівлі автобусів з двигунами внутрішнього згорання. Існуючий автобусний парк штату поступово замінюватиметься транспортними засобами, працюючими на альтернативному паливі.

На сьогодні доля автомобільного біопалива в США займає не більше 4-5%. У Європі ці показники трохи вищі, що пов'язано з вимогою Європейського Союзу до країн-членів довести долю використання альтернативного палива до 23% в 2030 році. Вимога підкріплюється звільненням альтернативного палива від паливного податку, що повинне зробити його привабливішим.

3.2 Екологічні переваги і недоліки електромобілів

Електромобілі роблять нульові викиди з вихлопних труб, скорочення викидів парникових газів і поліпшення якості повітря. Згідно даних Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), електромобілі викидають на 50 % менше CO₂ впродовж їх терміну служби в порівнянні з бензиновими автомобілями. Дослідження, проведене Агентство з довкілля охорони США (ЕРА) встановлено, що заміна автомобілів з бензиновим двигуном на електромобілі може скоротити викиди парникових газів до 60%, залежно від використовуваного для зарядки енергетичного балансу.

Оскільки транспорт складає майже 25% глобальних викидів CO₂ перехід на електромобілі грає вирішальну роль у вирішенні проблеми зміни клімату.

Електромобілі не викидають в атмосферу оксиди азоту (NO_x) або тверді частки (PM), які сприяють респіраторним захворюванням і міському смогу. Дослідження, проведені Всесвітньою організацією охорони здоров'я вказує на те, що зниження викидів транспортних засобів може понизити захворюваність

респіраторними захворюваннями 20-30% в міських районах.

Електромобілі конвертуються більше 77% енергії з мережі в рух, в порівнянні з просто на 12-30% для бензинових автомобілів. Звіт Міністерство енергетики США (DOE) підтверджує, що електромобілі майже в три рази ефективніше чим традиційні автомобілі.

На перший погляд, відсутність вихлопних газів малює привабливу картину чистого транспорту. Проте дослідження вказують на іншу сторону медалі : виробництво акумуляторів для електрокарів залишає помітний екологічний слід, пов'язаний із здобиччю сировини і значними викидами вуглекислого газу. Незважаючи на це, загальна оцінка життєвого циклу свідчить, що електромобілі завдають меншої шкоди планеті, чим їх побратими з двигунами внутрішнього згорання, особливо якщо для їх зарядки використовується енергія з поновлюваних джерел

В той же час питання надмірного споживання води і дотримання прав людини при здобичі необхідних копалин залишаються гострими і дискусійними. Та все ж, активні зусилля, спрямовані на переробку відпрацьованих батарей і розробку екологічно чистих методів здобичі, дають підстави для обережного оптимізму відносно майбутнього електротранспорту

Електромобілі (EV) розглядаються як один з ключових інструментів для зменшення викидів вуглекислого газу (CO₂) від транспортного сектора. Ця галузь несе відповідальність за левову частку - близько 75% - світових транспортних викидів, що є особливо актуальною проблемою для Азії. Наприклад, Індія щорічно генерує приблизно 291 мільйон тон CO₂ тільки від транспорту. Саме ця насущна потреба в декарбонізації стимулює перехід до електромобілів. Проте екологічна дія, нерозривно пов'язана з виробництвом акумуляторів, викликає все більше питань і жвавих обговорень. Основна увага прикована до здобичі таких критично важливих матеріалів, як літій, кобальт і нікель, і його наслідкам для водних ресурсів, чистоти повітря і дотримання прав людини в добувних регіонах.

Виготовлення акумуляторів для електромобілів - це процес, що вимагає

значних об'ємів природних ресурсів, зокрема металів, здобич яких досить складна і ресурсоемна. Здобич літію, кобальту і нікелю, ключових компонентів сучасних батарей, пов'язана з істотними екологічними витратами, які ставлять під сумнів абсолютну «зелень» електрокарів на етапі їх створення

Розглянемо детальніше основні проблемні аспекти.

Водокористування. Процес здобичі літію, особливо методом випару соляних розчинів, є надзвичайно водоемним. За оцінками, для отримання однієї тони літію (достатньою для виробництва приблизно 100 автомобільних акумуляторів) треба випарувати близько 2 мільйонів тон води. Це створює колосальне навантаження на водні ресурси, особливо в посушливих регіонах так званого «літієвого трикутника» Південної Америки (Чилі, Аргентина, Болівія). У Чилі, наприклад, на потреби літієвої промисловості доводиться до 65% споживання прісної води в регіоні здобичі, що призводить до її виснаження і загострює конфлікти між промисловістю і місцевими громадами, які потребують води для життя і сільського господарства.

Здобич кобальту, лєвова частка якої зосереджена в Демократичній Республіці Конго, незмінно асоціюється з повідомленнями про серйозні порушення прав людини, включаючи небезпечні умови праці і використання дитячої праці, а також з низькими екологічними стандартами. Здобич нікелю, особливо в таких країнах, як Індонезія, призводить до масштабного вирубування тропічних лісів, що знищує біорізноманітність і посилює зміну клімату, а також до забруднення ґрунтів і водних джерел токсичними відходами.

Енергоємність процесів здобичі сировини і виготовлення самих акумуляторів призводить до значних викидів вуглекислого газу ще до того, як електромобіль проїде свій перший кілометр. Дослідження, проведене в 2021 році, показало, що на етап виробництва припадає близько 46% загальних викидів CO₂, пов'язаних з життєвим циклом електромобіля, в порівнянні з приблизно 26% для автомобілів з двигунами внутрішнього згорання. Це створює так званий «вуглецевий борг»: щоб компенсувати ці первинні викиди

(близько 4 тон CO₂ на середньостатистичний електромобіль), він повинен експлуатуватися не менше 8 років, щорічно «економлячи» приблизно 0,5 тони CO₂ в порівнянні з відсутністю викидів під час руху. Таким чином, екологічна перевага електромобіля реалізується не миттєво, а накопичується з часом, що підкреслює важливість тривалого терміну служби як самого автомобіля, так і його батареї.

Сукупність цих чинників робить процес виробництва акумуляторів надзвичайно енергоємним і потенційно шкідливим для довкілля. Ця проблема особливо гостра для країн, які не мають власних значних покладів необхідних корисних копалини і вимушені імпортувати акумулятори або сировину для них. Яскравим прикладом є Індія, яка значною мірою залежить від постачань акумуляторів з Китаю через відсутність власних розвіданих запасів літію. Така залежність не лише створює економічні і геополітичні ризики, але і фактично означає «імпорт» екологічних і соціальних проблем, пов'язаних з виробництвом, яке відбувається в інших країнах

Найбільший учасник світового автомобільного ринку - Китай (щорічно в КНР продається більше 28 млн. автомобілів) до 2030 року планує довести долю автомобілів, працюючих на альтернативних видах палива до 20%. Останніми роками в КНР активно росли продажі електромобілів, але ця тенденція помітно знизилася разом із скороченням державних субсидій на купівлю електромобілів і гібридів. До 2026 року Китай збирається повністю відмінити субсидії, введені в 2009 році для стимуляції продажів.

Проте, в планах китайського уряду - переклад 60% автопарку на альтернативні види палива до 2035 року. Китай більше не надає такого значення розвитку ринку електромобілів. Причина - в обліку реального вуглецевого сліду, що залишається електромобілями. Європейські експерти вважають, що використання електромобіля в Китаї набагато менш екологічно, чим в Європі, що пов'язано з високою долею використання вугілля в енергетиці Китаю, тобто і зі значними викидами парникових газів.

На противагу електромобілям Китай планує активно розвивати ринок

транспортних засобів, працюючих на біогазі і водні. Вже сьогодні доля міських перевезень, здійснюваних на біогазі складає в КНР 60%. Планується і розвиток сектора водневих транспортних засобів : впродовж 2020 року їх доля повинна скласти 5 тисяч автомобілів, а до 2030 року ця цифра повинна вирости до 1 млн. В ще більше далекосяжних планах Китаю - повна відмова від нафти.

Численні дослідження, на які посилаються авторитетні джерела, такі як Національне громадське радіо США і Climate Portal, вказують на важливий висновок: навіть з урахуванням значних викидів, пов'язаних з виробництвом акумуляторів, електромобілі викидають значно менше CO₂ впродовж усього свого життєвого циклу в порівнянні з автомобілями з двигунами внутрішнього згорання. За даними Масачусетського технологічного інституту, навіть якщо виробництво акумуляторів відбувається з використанням не найчистіших джерел енергії, загальний кліматичний ефект від використання електромобілів (чи інших «чистих» технологій, що вимагають акумуляторів, таких як сонячна енергетика) все одно є позитивним в порівнянні з відмовою від цих технологій. Переваги від нульових викидів при експлуатації переважають початкові виробничі витрати.

Екологічна вигода від використання електромобілів безпосередньо і критично залежить від джерела електроенергії, використовуваного для їх зарядки. У країнах і регіонах, де в енергетичному балансі домінує викопне паливо, переваги електромобілів істотно зменшуються. Наприклад, в Індії близько 61% електроенергії робиться за рахунок спалювання вугілля. Вугільна генерація не лише є основним джерелом викидів CO₂, але і призводить до значного забруднення повітря шкідливими речовинами (SO_x, NO_x, тверді частки), втрати лісових масивів із-за видобутку вугілля і забруднення водних ресурсів шахтними водами і золошлаковими відходами. У такому контексті зарядка електромобіля фактично переносить частину екологічного навантаження з дороги на електростанцію. Для досягнення дійсно «нульових» викидів впродовж усього циклу експлуатації необхідно, щоб акумулятори заряджалися від поновлюваних джерел енергії - сонячної, вітрової, гідро- або

геотермальною. Проте у багатьох країнах, включаючи Індію, доля таких джерел в загальній встановленій потужності доки недостатня (у Індії - близько 21%). Це підкреслює системну взаємозалежність: успіх електромобільності як кліматичного рішення нерозривно пов'язаний з паралельним «озелененням» енергетичного сектора.

Таким чином, хоча виробництво акумуляторів для електромобілів пов'язане з більш високими початковими викидами парникових газів і іншими екологічними проблемами, подальша експлуатація електрокарів, особливо за умови використання чистої електроенергії, з часом компенсує цей первинний вплив. У результаті, за повний життєвий цикл, електромобілі виявляються в цілому більше екологічним вибором в порівнянні з традиційними автомобілями, працюючими на бензині або дизельному паливі. Проте масштаб цієї переваги істотно варіюється залежно від структури енергетики конкретного регіону.

Усвідомлюючи екологічні і соціальні виклики, пов'язані з виробництвом акумуляторів, промисловість, учені і уряди докладають активних зусиль для зменшення негативної дії. Ведуться розробки і впровадження нових технологій і практик, спрямованих на підвищення стійкості усього ланцюжка постачань.

З'являються інноваційні підходи до здобичі ключових матеріалів. Наприклад, такі компанії як Vulcan Energy Resources в Німеччині і Cornish Lithium у Великобританії, розробляють технології здобичі літію з геотермальних розсолів. Цей метод використовує природне тепло Землі як поновлюване джерело енергії для процесу екстракції, що дозволяє радикально зменшити вуглецевий слід і споживання прісної води в порівнянні з традиційними методами випару або здобичі з твердих порід. Це крок до так званої «зеленої здобичі»;

Автовиробники і їх постачальники активно працюють над зменшенням залежності від проблемних матеріалів. Компанія Tesla, наприклад, оголосила про плани розробки електродвигунів наступного покоління, які не

міститимуть рідкоземельних металів, таких як неодим і диспрозій. Хоча це стосується двигунів, а не безпосередньо акумуляторів, видобуток цих металів також пов'язаний зі значними екологічними і соціальними проблемами, часто в Китаї. Подібні дослідження ведуться і в області акумуляторів, спрямовані на створення батарей з меншим вмістом кобальту або взагалі без нього, а також на розробку альтернативних хімічних складів (наприклад, натрій-іонних акумуляторів), що використовують поширеніші і менш проблемні матеріали.

Переробка акумуляторів (рециклінг) - цей один з найважливіших напрямів для зменшення екологічного сліду. На сьогодні, за оцінками, тільки близько 5% литий-іонних акумуляторів у світі підлягають належній переробці. Це серйозна проблема, оскільки неправильна утилізація відпрацьованих батарей може привести до забруднення ґрунту і вод важкими металами і токсичними електролітами. В той же час, відпрацьовані акумулятори є цінним джерелом вторинної сировини - літію, кобальту, нікелю, міді. Наприклад, американська компанія Redwood Materials (заснована колишнім технічним директором Tesla), створюють замкнуті системи для збору і ефективної переробки старих акумуляторів. Redwood нещодавно почала будівництво великого заводу по виробництву катодних матеріалів з переробленої сировини, які вже з наступного року поставлятимуться на американські заводи компаній Panasonic (основний постачальник Tesla) і Toyota. Розвиток індустрії рециклінга дозволить не лише зменшити об'єми відходів, але і істотно понизити потребу в первинному видобутку корисних копалин, створюючи основу для циркулярної економіки.

Для боротьби з непрозорістю походження матеріалів і пов'язаними з цим етичними і екологічними ризиками, деякі компанії, зокрема Volvo і Tesla, підтримують ідею впровадження так званих «паспортів акумуляторів». Це цифрові записи, що містять детальну інформацію про походження сировини, вуглецевий слід виробництва, стан акумулятора і його склад. Такі паспорти не лише підвищують прозорість для споживачів і регуляторів, але і значно спрощують процес сортування і переробки акумуляторів у кінці їх життєвого

циклу, сприяючи ефективнішому поверненню цінних матеріалів у виробничий цикл.

Незважаючи на ці виклики, майбутнє електромобільності в цілому виглядає багатообіцяючим. Проте для того, щоб цей перехід був не лише технологічним, але і дійсно екологічно стійким і соціально справедливим, потрібний збалансований і комплексний підхід. Це припускає значні і послідовні інвестиції в наукові дослідження і розробки, спрямовані на створення нових поколінь акумуляторів - ефективніших, довговічніших, безпечніших, виготовлених з доступніших і менш шкідливих матеріалів. Не менш важливим є масштабування і підвищення ефективності систем збору і переробки відпрацьованих акумуляторів для створення замкнутого циклу використання ресурсів. Ключовим елементом є прискорене нарощування долі поновлюваних джерел енергії в загальному енергетичному балансі країн, щоб електромобілі живилися дійсно чистою енергією.

3.3 Способи нейтралізації газів, що відпрацьовали, у випускній системі бензинових двигунів

Нині розробляються і втілюються в життя заходи по зниженню забруднення атмосфери викидами автомобільних двигунів, що включають:

- 1) удосконалення конструкцій двигунів і підвищення якостей виготовлення;
- 2) пошук нових видів палива, застосування різних присадок до нього;
- 3) створення енергосилових установок для автомобілів, що викидають меншу кількість шкідливих речовин;
- 4) розробка пристроїв, що знижують зміст шкідливих компонентів в газах, що відпрацьовали.

Практика показала, що при цьому досягти рівня токсичності газів, що відпрацьовали, потрібного законодавством розвинених країн, першими трьома способами практично на сьогодні практично неможливо. Тому отримала широке поширення нейтралізація газів, що відпрацьовали, в системі випуску. В цьому випадку токсичні пари, що вийшли з циліндрів двигуна,

нейтралізуються до викиду їх в атмосферу.

Існує декілька способів нейтралізації газів, що відпрацювали, у випускній системі автомобіля :

1) окислення газів, що відпрацювали, шляхом подання до них додаткового повітря в термічних реакторах. Термічні реактори встановлюють на багатьох японських і американських двигунах. Термічний реактор є теплоізованим об'ємом із спеціальною організацією течії газів, що відходять, встановлюваний у випускній системі двигуна і здійснюючий термічне доокислення токсичних компонентів за рахунок власного тепла газів, що відходять. Термічна нейтралізація не залежить від виду спалюваного палива, наявності присадок і дозволяє використати в двигунах етилизований бензин. Підвищити температуру газів, що відпрацювали, в реакторі можна, зменшивши тепловтрати застосуванням проставок-екранів, теплоізоляцією корпусу реактора, використанням тепла реакції окислення, а також короткочасним зменшенням кута випередження запалення. Реактори особливо ефективні на режимах багатой суміші при великих навантаженнях, не виходять з ладу з часом, проте не дають повного окислення С і СН і не відновлюють NO_x, тому застосовуються як додаткові пристрої перед каталітичним нейтралізатором.

2) поглинання токсичних компонентів рідиною в рідинних нейтралізаторах. Цей спосіб не отримав широкого поширення із-за малої ефективності і необхідності частой заміни рідини.

У кінці 60-х років, коли мегаполіси Америки і Японії стали буквально задихатися від смогу, ініціативу узяли на себе урядові комісії. Саме законодавчі акти про обов'язкове зниження рівня токсичних вихлопів нових автомобілів змусили промисловців удосконалити двигуни і розробляти системи нейтралізації.

У 1970 році в Сполучених Штатах був ухвалений закон, відповідно до якого рівень токсичних вихлопів автомобілів 1975 модельного року мав бути в середньому наполовину менше, ніж у машин 1960 року випуску: СН — на

87%, С — на 82% і NO_x — на 24%.

Аналогічні вимоги були узаконені в Японії і в Європі.

Насамперед інженери кинулися удосконалювати системи живлення і запалення. Але було очевидно, що добитися такого істотного поліпшення ситуації з токсичністю без застосування додаткових пристроїв просто неможливо.

У 1975 році на американських машинах з'явилися перші каталітичні нейтралізатори газів, що відпрацювали, — тоді ще двокомпонентні, так званого окислювального типу. Двокомпонентними вони називалися тому, що могли нейтралізувати тільки два токсичні компоненти — С і СН. Окислювальними — тому, що реакції, що відбувалися, представляли з себе окислення (тобто фактично допалювання) молекул С і СН з утворенням вуглекислого газу CO₂ і води H₂O.

На американських автомобілях 1975 року з'явилися транзисторні системи запалення з високою енергією іскри і свічки з мідним сердечником центрального електроду — це звело до мінімуму пропуски запалення і подальші спалахи незгорілого палива в нейтралізаторі, які загрожують оплавленням кераміки.

У 1977-му до нього додали "протиазотну" секцію, а ще через пару років об'єднали усі в єдиному корпусі, давши неправильну назву "треступінчатий" нейтралізатор. Насправді йдеться не про східці, а про три пригнічувані класи шкідливих речовин.

До 1990 року нейтралізатор переїхав впритул до випускного колектора, щоб швидше нагріватися до робочих температур (300°C) - тим самим зменшити шкідливі викиди на стадії прогрівання.

У 1995 році фірма "Емітек" розробила технологію підігрівання каталізатора потужним електричним опором. Заснована на цьому принципі модель каталізатора "6С" (чи "Емітек") була встановлена на "БМВ-Альпина В12".

В 2000 році з'явилася цеолітова пастка вуглеводнів (СН), що затримує їх

при пуску мотора і лише після нагріву до 220°C що віддає на обробку готовому до роботи каталізатору.

Сучасні каталітичні нейтралізатори - це трикомпонентні каталітичні нейтралізатори.

Трикомпонентний каталітичний нейтралізатор є корпусом з нержавіючої сталі, включеним в систему випуску до глушника. У корпусі розташовується блок носія з численними подовжніми порами, покритими що найтоншим шаром речовини каталізатора, яка саме не вступає в хімічні реакції, але однією своєю присутністю прискорює їх течія.

Хімікам відома безліч каталізаторів - мідь, хром, нікель, паладій, родій. Але найстійкішою до дії сірчистих з'єднань, які утворюються при згоранні сірки, що міститься у бензині, виявилася благородна платина. Каталізаторів припадає на частку до 60% собівартості пристрою. Саме завдяки ним відбуваються необхідні хімічні реакції - окислення монооксиду вуглецю (С) і незгорілих вуглеводнів (СН), а також скорочення кількості окислу азоту (NOx). У трикомпонентному нейтралізаторі платина і паладій викликають окислення С і СН, а родій "бореться" з NOx. До речі, родій - субпродукт при отриманні платини - найбільш цінний в цій трійці.

Щоб збільшити площу контакту каталітичного шару з вихлопними газами, на поверхню сотів наноситься підкладка завтовшки 20-60 мікрон з розвиненим мікрорельєфом.

Як правило, носієм в нейтралізаторі служить спецкераміка - моноліт з множиною подовжніх сотів-осередків, на які нанесена спеціальна шорстка підкладка (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 Керамічні соти

Це дозволяє максимально збільшити ефективну площу контакту каталітичного покриття з вихлопними газами - до величин близько 20 тис. м². Причому вага благородних металів, нанесених на підкладку на цій величезній площі, складає всього 2-3 грами. Кераміка зроблена досить вогнетривкою - витримує температуру до 800-850⁰ С. Але все одно при несправності системи живлення і тривалій роботі на Perezбагаченій робочій суміші моноліт може не витримати і оплавитися - і тоді каталітичний нейтралізатор вийде з ладу. Саме тому так проблематично виглядає використання каталітичних нейтралізаторів з керамічним носієм на карбюраторних двигунах.

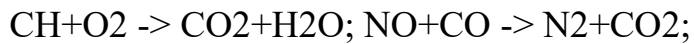
Втім, все ширше як носії каталітичного шару використовуються що найтонші металеві стільники (рис. 3.2). Це дозволяє збільшити площу робочої поверхні, отримати менше противотиск, прискорити розігрів каталітичного нейтралізатора до робочої температури і, головне, розширити температурний діапазон до 1000-1050⁰С. Стільники нейтралізаторів Metalit, зображеного на рисунку 2, зроблені з тонкостінного (завтовшки всього 0,04 мм, а не 0,15 мм, як у кераміки) листа хромістої сталі, для кращої адгезії каталітичного шару легованої рідкоземельним металом ітрієм. Такий нейтралізатор витримує пікові температури до 1300⁰С.



Рисунок 3.2 - Соти нейтралізаторів Metalit

Роблять це на заході, звичайно ж, не для застосування карбюраторів - там вони майже забуті. Просто з появою сучасних двигунів ростуть вимоги і до каталітичних нейтралізаторів - вони повинні витримувати тяжчі умови, з якими не справляється кераміка.

Спрощено хід реакцій в нейтралізаторі виглядає так:



Графічно процес нейтралізації показаний на рисунку 3.3

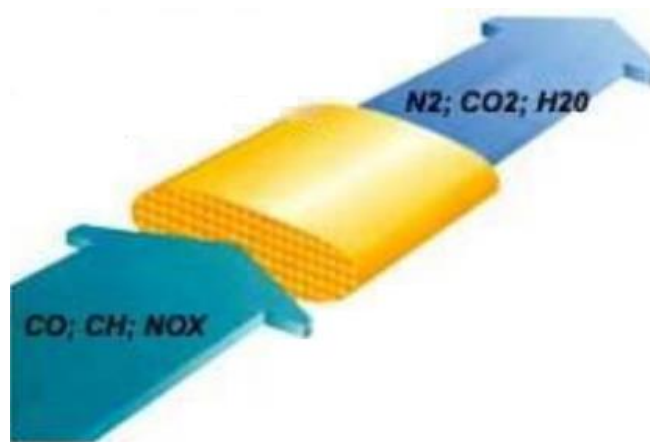


Рисунок 3.3 - Процес нейтралізації

В результаті токсичні з'єднання CO , CH і NO_x окислюються або відновлюються до вуглекислого газу CO_2 , азоту N_2 і води H_2O .

Широке використання нейтралізаторів активувало світовий ринок благородних металів: 35% споживаної платини, 45% паладію, 90% родію йде в автомобільні випускні системи.

На перший погляд може здатися, що установка каталізатора вирішує усі екологічні проблеми. Проте, температура, при якій каталізатор починає діяти (температура активації), знаходиться в межах 250^0 - 350^0 C. Час же, необхідний для розігрівання, може досягати декількох хвилин і залежить від типу

автомобіля, способу його експлуатації і температури повітря. Холодний каталізатор практично неефективний - отже, необхідно зменшити час досягнення температури активації.

До 1995 року фірма "Емітек" розробила технологію підігрівання каталізатора потужним електричним опором. Заснована на цьому принципі модель каталізатора "6С" ("Емітек") була встановлена на "БМВ-Альпина В12". Підігрівач на металевій опорі кріпиться усередині каталізатора (рис. 3.4); його потужність - від 0,5 до 2, іноді 4 кВт, залежно від величини опору (від 0,05 до 0,35 Ом). Для прикладу, елемент в 1,5 кВт розігріває каталізатор до 400°C за 10 секунд.



Рисунок 3.4 - Каталітичний нейтралізатор з електропідігрівом

Щоб понизити шкідливі викиди при пуску холодного двигуна, іноді застосовують також вбудований в каталізатор адсорбер вуглеводнів. Як тільки робоча температура досягнута, останні "звільняються" і окислюються самим каталізатором. Серед подібних пристроїв можна назвати нейтралізатор "Едітек" фірми "Делфай" або "Пума" фірми "Корнінг".

Трикомпонентний нейтралізатор найбільш ефективний при певному складі газів, що відпрацювали. Це означає, що треба дуже точно витримувати склад горючої суміші біля так званого стехіометричного відношення повітря/паливо, значення якого лежить у вузьких межах 14,5 — 14,7. Якщо горюча суміш буде багатіша, то впаде ефективність нейтралізації C і CH , якщо бідніше — NOX .

Підтримувати стехіометричний склад горючої суміші можна було тільки одним способом — управляти сумішеутворенням, негайно отримуючи інформацію про процес згорання, тобто, організувавши зворотний зв'язок (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 - Сучасне компонування системи нейтралізації з системою бортової діагностики

1-повітря, 2-бензин, 3-блок управління, 4-система впорску, 5-двигун, 6-каталітичний нейтралізатор, 7-кисневий датчик, 8-резонатор, 9-глушник

У випускний колектор помістили спеціально розроблений кисневий датчик — так званий лямбда-зонд (на заході прийнято означати грецькою буквою λ так званий коефіцієнт надлишку повітря, тобто відношення стехіометричного складу суміші до поточного). Він вступає з розжареними вихлопними газами в електрохімічну реакцію і видає сигнал, рівень якого залежить від кількості кисню у вихлопі.

Якщо кисню залишилося багато — значить, суміш занадто бідна, якщо мало — багата. А за результатами миттєвого аналізу, яким займається електроніка, можна швидко коригувати склад суміші в ту або іншу сторону. Напряга на виході кисневого датчика приймає два рівні. Якщо суміш бідна, то низьковольтний сигнал дає команду на збагачення паливної суміші, і навпаки.

На рис. 3.7 зображений сучасний трикомпонентний каталітичний нейтралізатор. Другий кисневий датчик потрібний для новітніх систем

бортової діагностики і відстежує ефективність нейтралізації.

Уперше трикомпонентні нейтралізатори із зворотним зв'язком і кисневим датчиком з'явилися на двигунах автомобілів Volvo в 1977 році. А зараз ними оснащені усі без виключення автомобілі, які продаються на ринках цивілізованих країн.

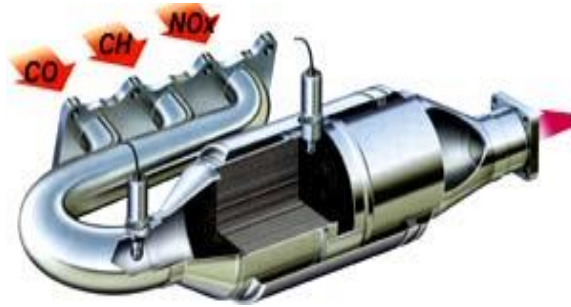


Рисунок 3.7 - Сучасний нейтралізатор

Датчик кисню (рис. 3.8) - він же лямбда-зонд - встановлюється у вихлопному колекторі так, щоб вихлопні гази обтікали робочу поверхню датчика. Він є гальванічним джерелом струму, що змінює напругу залежно від температури і наявності кисню вихлопній трубі. Матеріал його, як правило, керамічний елемент на основі двоокису цирконію, покритий платиною. Конструкція його припускає, що одна частина з'єднується із зовнішнім повітрям, а інша - з вихлопними газами усередині труби.



Рисунок 3.8 - Кисневий датчик

Залежно від концентрації кисню у вихлопних газах, на виході датчика з'являється сигнал. Рівень цього сигналу може бути низьким (0,1...0,2В) або високим (0,8...0,9В). Існують також датчики сигнал на виході, у яких змінюється від 0,1 до 4,9 В.

Таким чином, датчик кисню - це своєрідний перемикач, що повідомляє контролер уприскування про концентрацію кисню в газах, що відпрацювали. Контролер приймає сигнал з лямбда-зонда, порівнює його зі значенням, прошитим в його пам'яті і, якщо сигнал відрізняється від оптимального для поточного режиму, коригує тривалість уприскування палива в ту або іншу сторону. Таким чином, здійснюється зворотний зв'язок з контролером уприскування і точне підстроювання режимів роботи двигуна під поточну ситуацію з досягненням максимальної економії палива і мінімізацією шкідливих викидів.

Бензиновому двигуну для роботи потрібно суміш з певним співвідношенням повітря-паливо. Співвідношення, при якому паливо максимально повно і ефективно згорає, називається стехіометричним і складає 14,7:1. Це означає, що на одну частину палива слід узяти 14,7 частин повітря. На практиці ж співвідношення повітря-паливо міняється залежно від режимів роботи двигуна і сумішеутворення. Двигун стає неекономічним.

Коефіцієнт надмірності повітря при роботі двигуна постійно міняється і діапазон 0,9 - 1,1 є робочим діапазоном лямбда-регулювання. В той же час, коли двигун прогрітий до робочої температури і не розвиває великої потужності (наприклад, працює на неодруженому ході), потрібне по можливості суворіше дотримання рівності для того, щоб трикомпонентний каталізатор зміг повністю виконати своє призначення і скоротити об'єм шкідливих викидів до мінімуму.

Ресурс датчика вмісту кисню зазвичай складає 50 - 100 тис. км і значною мірою залежить від умов експлуатації, якості палива і стану двигуна.

В наші дні каталітичні нейтралізатори поширюються по країнах і континентах.

Для нормальної роботи каталізатора необхідно дотримуватися дріб'язкових за європейськими поняттями умов.

По-перше, як відомо, навіть випадкова заправка бака етилизованим бензином виводить каталізатор з ладу. Він остаточно "отруюється" свинцем - залишається тільки викинути прилад.

По-друге, каталізатор ефективно працює тільки при суворому дотриманні складу паливної суміші - 14,7 вагових частин повітря на одну частину бензину. Будь-який карбюратор, навіть з електронною системою управління, такої точності і швидкодії для підтримки необхідного складу суміші не має.

Таким чином, каталізатор ефективний лише у поєднанні з системою уприскування палива з електронним управлінням. На автомобілі з'явився мікропроцесор, який, аналізуючи дані про температуру, витрату повітря через колектор, оборотах і тому подібне, а головне - сигнали, що поступають від каталітичного нейтралізатора, регулює роботу електромагнітних форсунок уприскування палива. Проте у разі виходу з ладу свічки запалення, перебоїв в поданні палива і так далі миттєво порушується тонка рівновага складу робочої суміші - каталізатор втрачає свою ефективність, причому в деяких випадках назавжди. Тому мікропроцесор контролює роботу систем і агрегатів автомобіля, а про несправності повідомляє водія.

3.4 Нейтралізація газів, що відпрацювали, у випускній системі дизельних двигунів

Нині на автомобілях з дизельними двигунами найбільш актуальним є метод застосування каталітичних нейтралізаторів і фільтрів саж.

У дизельному двигуні паливо уприскує в циліндр, вже наповнений розжареним стислим повітрям і на утворення правильної горючої суміші просто не залишається часу. Навіть при тому, що найтоншому, що під час розпилення (для чого і підвищують тиск) не усі мікрочастки палива устигають

обзавестися потрібною кількістю молекул кисню, що призводить до появи сажі.

Сучасні комплексні системи очищення газів, що відпрацювали, для дизелів складаються з каталітичних і рідинних нейтралізаторів, а також фільтрів саж.

У фільтрах нового покоління загальний принцип залишився тим самим : затримати і знищити. Фільтр розмістили відразу за випускним колектором, а поверхня елемента, що фільтрує, покрита тонким шаром нового каталізатора, який додатково підвищує температуру вихлопних газів до необхідних 560- 600° С.

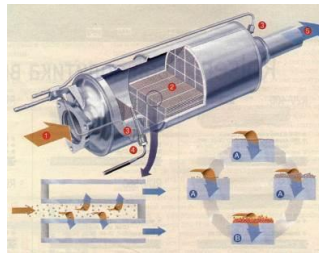


Рисунок 3.8 - Фільтр фірми «Опель»

1 - вхід газів з частками сажі; 2 - елемент, що фільтрує; 3 - датчики тиску; 4 - датчик температури; 5 - вихід. А - стадія накопичення сажі; У - стадія її випалювання

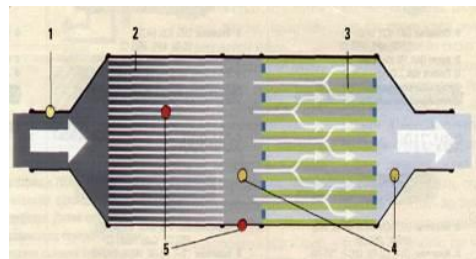


Рисунок 3.9 - Поєднаний фільтр «Мерседес-Бенц»

1 - лямбда-зонд; 2 - звичайний окислювальний нейтралізатор; 3 - фільтр часток сажі; 4 - датчики тиску; 5 - датчики температури

Елемент, що фільтрує, полягає, як правило, з керамічної (карбід кремнію) мікропористої губки. Товщина стінок між її каналами не перевищує 0,4 мм, так що поверхня дуже велика, що фільтрує. Іноді цю «губку» роблять з надтонкого сталевого волокна, також покритого новим каталізатором. Набивання настільки щільне, що затримує до 80% часток розміром 20-100 нм.

Нові фільтри стали брати активну участь в управлінні роботою двигуна. Адже режим збагачення включається по сигналу від датчиків тиску, встановлених на вході і виході фільтру. Коли різниця свідчень стає значною, комп'ютер сприймає це як ознаку забитості «губки» сажею. А випалювання контролюють за допомогою датчика температури.

Активні фільтри вперше з'явилися на дизельних моторах «Мерседес-бенц» С- і Е-класів а з початку 2004 року вже з'явилися в автомобілях середнього класу «Опель», «Сигнум», «Рено», рис. 3.10.



Рисунок 3.10 - Фільтр встановлений поряд з випускним колектором в двигуні «Рено»

В той же час необхідно зважати на покупця, для якого важливо, щоб автомобіль був відносно дешевий і простий в експлуатації. Усе це вимагає ефективних і в той же час недорогих систем. Фахівці DaimlerChrysler створили одну з них - SCR (Selective Catalytic Reduction), що можна перевести як «селективний каталітичний перетворювач»).

Принцип дії системи SCR (рис. 3.11) полягає в хімічній реакції аміаку з окислом азоту вихлопних газів, в результаті якої утворюються нешкідливий азот і водяна пара.

Тут, правда, виникає одне питання: а як перевозити на автомобілі аміак - досить токсичну речовину. Відомий концерн Total свого часу створив безпечний замінник аміаку, що розроблений на водній основі і відповідає стандартам DIN 70070. Сьогодні він широко застосовується в сільському господарстві, текстильній промисловості, а також при виготовленні косметики і парфюмерії. Ця рідина - абсолютно не токсична, без кольору і запаху - в «автомобільному» виконанні називається AdBlue.

Селективний перетворювач складається з двох основних вузлів: безпосередньо каталітичного нейтралізатора із стільниковою структурою, вмонтованого в глушник автомобіля, і додаткового бака під аміачний замінник AdBlue.

Середня витрата «блакитної» рідини - близько 6% від споживаного автомобілем дизпалива: наприклад, для магістрального тягача він складає близько 2 л на 100 км. Таким чином, 100-літрового бака з AdBlue вистачить на 5000 км шляху.

Двигун оснащується додатковим модулем, поєднаним з електронною системою управління мотором, який точно дозує кількість рідини AdBlue, що подається у випускний колектор.

Дуже важливо, що мотори з системою SCR істотно економичніші: наприклад, на далекобійних вантажівках витрачається на 30% менше палива. А чим вище економія - тим менше вміст шкідливих речовин у вихлопних газах.

Роботи над технологією очищення SCR були розпочаті ще в 90-і рр. Оснащувати вантажівки і автобуси Mercedes - Benz системою SCR почали оснащувати в 2005 році, з тим щоб після невеликої модернізації системи SCR оснащені нею дизельні мотори могли відповідати екологічним як мінімум нормам Євро 5.

Проте треба розв'язати ще одну важливу проблему - створити розгалужену мережу спеціальних АЗС, на яких можна буде заправлятися «блакитним» паливом AdBlue. Концерн Total і інші виробники вже активно працюють над цим.

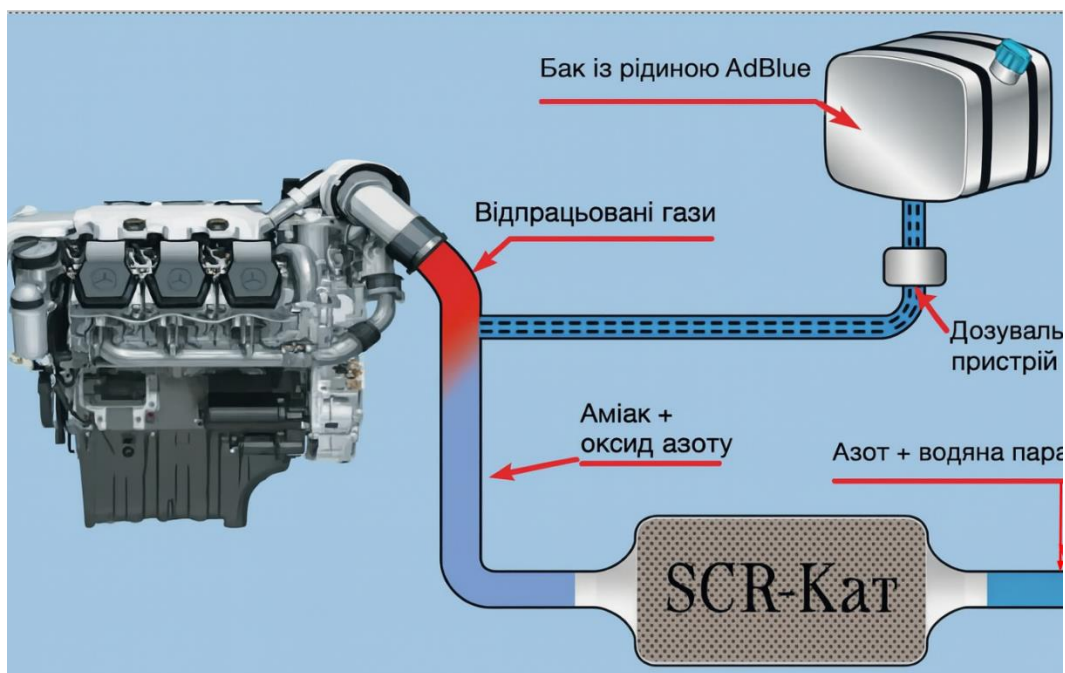


Рисунок 3.11 - Система SCR

Технологія SCR має важливі переваги: високий коефіцієнт корисного використання палива і стійкість до дії діоксиду сірки. Вона отримала широке поширення в Європі і інших розвинених країнах в якості ефективного способу контролю вихлопних газів дизельних автомобілів.

Щоб ефективно перетворювати NO_x в азот при відносно низьких температурах, в систему SCR повинні входити відповідний відновник і каталізатор. Для відновлення NO_x в азот можна використати або аміак, або сечовину. Аміак є однією з найбільш отруйних хімічних сполук, так що використання його небажане, але можливе використання реагенту, який міг би вивільнити аміак в потрібний момент і в потрібних кількостях. В якості такого реагенту зазвичай застосовують сечовину, яка нетоксична, не має вираженого смаку і має інші корисні властивості.

Принцип роботи SCR -технології полягає в наступному: вихлопні гази спрямовуються турбонагнітачем у випускний тракт, погодженим чином у випуском тракті через спеціальну форсунку розпилюються порції розчину сечовини, крапельки сечовини нагріваються вихлопними газами і входять в

реакції гідролізу і піролізу з виходом аміаку NH_3 , і вже NH_3 , що вивільнився, виборчим чином на спеціальному каталізаторі відновлює NO_x до азоту N_2 , рівняння реакції приведені на рис. 3.12. Іноді, додаткові каталітичні ґрати встановлюються за SCR каталізатором, що забезпечує перехід аміаку в чистий азот, з метою уникнути витоків аміаку, які могли б скласти вторинне забруднення.

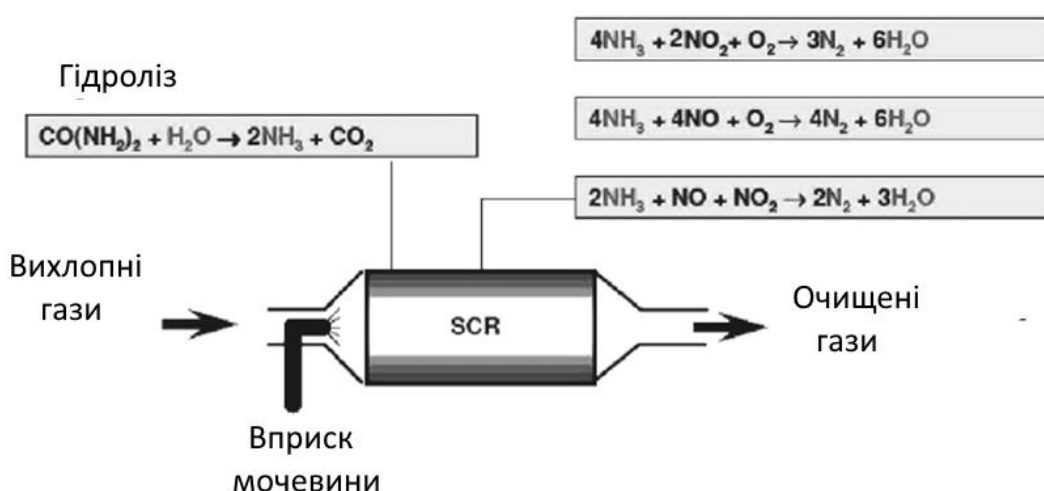


Рисунок 3.12 – Принципова схема SCR-технології

Сечовина (NH_2CONH_2) у присутності води розпадається при високій температурі на NH_3 і CO_2 , реакція не вимагає спеціальних каталітичних умов.

Аміак NH_3 , NO , NO_2 , які присутні у вихлопах, взаємодіють на SCR-каталізаторі з утворенням азоту і води.

З метою запобігти можливим витокам аміаку додатковий каталізатор, що забезпечує окислення аміаку іноді встановлюється відразу за SCR - каталізатором - на виході виходить азот і вода

SCR -система складається з каталітичного конвертора (SCR -глушитель), магістралі доставки сечовини (модуль подання SM), облаштування дозованого уприскування сечовини (дозувальний модуль DM), бака для сечовини, контролера модуля подачі DCU (Dosing Control Unit), відповідних

трубопроводів і дротів.

DCU модуля подання інтегрований в ECU (Electronic Control Unit - основний контролер двигуна), так що робота насоса подання сечовини і пов'язаних з ним пристроїв, контролюється керівниками сигнали з ECU. Модуль подання (SM) включає насос, клапан, що фільтрує елемент, датчик тиски, які поміщені в загальну оболонку, безпечну для довкілля. Контролер, взаємодіючи з ECU, отримує поточні параметри роботи двигуна, використовує отримані сигнали про температуру на каталізаторі та ін., обчислює об'єм сечовини для уприскування і контролює роботу форсунки, що здійснює уприскування відповідного об'єму у вихлопний тракт.

Форсунка (модуль DM) встановлена у вихлопному тракті, її робоча температура підтримується охолоджувальною рідиною двигуна автомобіля. Призначення форсунки - відміряти і розпорошити у вихлопному тракті сечовину згідно з командою контролера. При контакті з високо нагрітими вихлопними газами у вихлопному тракті сечовина розкладається на аміак і воду, переміщується з вихлопними газами і потрапляє в SCR -конвертор. У каталітичному конверторі NH_3 взаємодіє з NO_x з утворенням азоту і води, які викидаються в атмосферу.

Використання системи SCR (система рециркуляції вихлопних газів) має наступні переваги:

- Велика вихідна потужність мотора при однаковому об'ємі мотора;
- Зменшення кількості NO_x у вихлопних газах до 90%;
- Зменшення кількості HC і CO у вихлопних газах до 50%;
- Зменшення кількості часток саж у вихлопних газах до 50%.

Використання системи SCR має наступні недоліки:

- вбудований резервуар для зберігання необхідної кількості сечовини;
- мала кількість заправних пунктів;
- збільшення витрат власника на обслуговування транспортного засобу за рахунок необхідності постійно заправляти бак сечовини і мати достатню кількість розчину карбаміду при поїздках на великі відстані;

- дорогий ремонт будь-якого компонента системи.

Переваги використання сечовини :

- скорочення кількості оксиду азоту до 95%;
- спрощення системи управління і контролю за вихлопними газами;
- підвищення ефективності роботи дизельного двигуна.

3.5 Європейські екологічні стандарти для автомобілів і розвиток сучасної транспортної інфраструктури в Україні

Екологічний клас машини означає міру її шкідливості для довкілля. А саме йдеться про зміст у вихлопних газах шкідливих речовин. Чим менше їх, тим вище екологічний клас машини.

Наприклад, в порівнянні з Євро-1 і Євро-2 машини стандарту Євро-6 викидають в атмосферу в десятки разів менше найшкідливіших речовин: оксиду вуглецю, оксиду азоту, твердих часток (сажі), залишкових вуглеводнів.

Автомобілі класу Євро-6 додатково мають ще декілька систем зменшення токсичності вихлопу : один або два каталітичні нейтралізатори, фільтр (дизель) сажі, система уприскування сечовини (дизелі). І знову-таки вдосконалена програма управління двигуном.

Отже, моделі з Євро- 5 і Євро- 6 (конструктивно вони близькі) викидають в атмосферу істотно менше твердих часток (сажі), оксиду вуглецю, оксиду азоту і залишкових вуглеводнів.

Також такі двигуни споживають паливо класів відповідно Євро-5 і Євро- 6 і відповідні моторні мастила. Якщо клас бензину, який заправляється у бак, теоретично можна дізнатися на АЗС, то вибрати правильну олію можна тільки враховуючи рекомендації виробника, а саме - шукати або мастило з відповідними допусками, або як мінімум - відповідного класу якості.

Транспортно-дорожній комплекс є одним із забрудників довкілля і вносить в неї несприятливі зміни. Особливість його в тому, що не автомобіль, ні дорогу не можна ізолювати від людей і чим більше щільність населення, тим

вище потреба в автомобільному транспорті.

Екологічний контроль - один з проявів екологічної функції в усіх підприємствах сучасної держави. В той же час, він є складовою частиною механізму реалізації еколого-правових норм і нормативно-технічних актів. В цілому екологічний контроль - це перевірка дотримання підприємствами, установами, організаціями і громадянами вимог по охороні природного довкілля і забезпеченню екологічної безпеки суспільства.

Стандарт Євро- 5 був впроваджений в 2009 році і як і раніше залишається актуальним для багатьох автомобілів. Він припускає істотне зниження викидів шкідливих речовин, таких як:

Оксиди азоту (NO_x): не більше 0,18 г/км для бензинових двигунів і 0,23 г/км для дизельних.

Частини сажі (PM) : не більше 0,005 г/км для дизельних двигунів.

Вуглеводні (HC) : не більше 0,05 г/км для бензинових двигунів.

Для дотримання цих норм автовиробники стали активно використовувати каталітичні нейтралізатори, фільтри саж і вдосконалені системи уприскування палива.

Стандарт Євро- 6, що набув чинності в 2014 році, ще більше посилив вимоги до викидів. Він зосереджений на зниженні оксидів азоту, які є одними з найнебезпечніших для здоров'я людини. Основні вимоги:

Оксиди азоту (NO_x) : не більше 0,08 г/км для дизельних двигунів.

Частини сажі (PM) : не більше 0,005 г/км для дизельних двигунів.

Вуглеводні (HC) : не більше 0,05 г/км для бензинових двигунів.

Для досягнення цих показників автовиробники впровадили нові технології, такі як системи селективної каталітичної нейтралізації (SCR) і додаткові фільтри саж. Каталітичний нейтралізатор є обов'язковим для автомобілів, що відповідають нормам Євро- 5 і Євро- 6. Він перетворює шкідливі речовини на менш небезпечні з'єднання. Сажею фільтр (DPF) : Особливо важливий для дизельних двигунів, оскільки він затримує частки сажі, палива, що утворюються при згоранні.

Система SCR використовується для зниження викидів оксидів азоту в дизельних двигунах. Вона уприскує спеціальний розчин сечовини (AdBlue) у вихлопну систему, щоб нейтралізувати NOx.

Ці технології були детально проаналізовані в пунктах 3.4 і 3.5.

Динаміка зміни норм вихлопу автотранспортних засобів з дизельним і бензиновим двигуном (від Євро- 1 до Євро- 6) приведені в таблиці

Таблиця 3.1

Динаміка зміни норм вихлопу автотранспортних засобів з дизельним і бензиновим двигуном (від Євро- 1 до Євро- 6)

Екологічний клас Євро	Оксид вуглецю (II) (C)	Вуглеводень НС	Оксид азоту (NOX)	Зважені частки (сажа)
Норми вихлопу для дизельного двигуна				
Євро- 1	2,72	—	—	0,180
Євро- 2	1,00	—	—	0,080
Євро- 3	0,64	—	0,50	0,050
Євро- 4	0,50	—	0,25	0,025
Євро- 5	0,50	—	0,18	0,005
Євро- 6	0,50	—	0,08	0,005
Норми вихлопу для бензинового двигуна				
Євро - 1	2,72	—	—	—
Євро - 2	2,20	—	—	—
Євро - 3	2,30	0,20	0,15	—
Євро - 4	1,00	0,10	0,08	—
Євро - 5	1,00	0,10	0,06	0,0050
Євро - 6	1,00	0,10	0,06	0,0050

Євро- 2 колись стала в 2006 році першим обмеженням для машин, які імпортувалися новими в Україну.

Починаючи з 1 січня 2025 року в Україні діє стандарт Євро- 6. Але він поширюється тільки на нові автомобілі, що імпортуються з-за кордону. Усі нові авто при імпорті в Україну повинні мати екологічний клас не нижче Євро- 6 - інакше їх не зареєструють і власники не отримують номери і документи. Проте уживані автомобілі класу від Євро- 2 до Євро 5 можна імпортувати в Україну і сьогодні.

На жаль і на машини, які вже є присутніми в країні, вимоги за екологічними стандартами Євро не поширюються.

Позитивною зміною на законодавчому рівні є заборона ввезення уживаних легкових авто до Євро- 3 з 2027 року. Також позитивним кроком є те, що з 1 січня 2025 року для нових і уживаних вантажних автомобілів, автобусів, спецтехніки і сідельних тягачів діють вимоги Євро- 5. З 1 січня 2027 року норми для нових і уживаних вантажних автомобілів, автобусів, спецтехніки і сідельних тягачів підвищуються до Євро- 6.

Планувалося, що норми Євро- 6 повинні були почати діяти в Україні ще в 2019 році, проте їх введення було вирішено перенести. Тому для поліпшення екологічної ситуації, пов'язаної з шкідливими викидами автотранспортом, надзвичайно важливо щоб в силу різних причин не було перенесень впровадження актуальних екологічних стандартів.

Необхідно пам'ятати, що пріоритетом розвитку міста має бути зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище і людину, а це значить, що транспортна система має використовуватися максимально ефективно. У той час як використання громадського транспорту є оптимальним рішенням для поїздок на великі відстані, в системах з високим пасажиропотоком і в умовах високої щільності населення для поїздок на більш короткі дистанції найбільш ефективними і екологічно привабливими є пішохідний і велосипедний рух.

За останнє десятиліття все більша кількість міст в усьому світі ухвалюють рішення розвивати і підтримувати велосипедний рух. В якості заходів щодо поліпшення якості повітря велосипедна інфраструктура стала постійною складовою планування транспорт-ного розвитку таких міст як Антверпен, Лондон, Нант, Севілья, Салоніки, Париж, Барселона. Чисельні дослідження показали, що в містах з великою часткою велопоїздок знижується кількість захворювань серед населення, поліпшується екологічна ситуація, а також створюються додаткові можливості для розвитку економіки і туризму.

До елементів велосипедної інфраструктури відносяться: мережа велосипедних маршрутів (велосипедні д-ріжки, велосмуги, змішані велопішохідні зони), місця для паркування та зберігання велосипедів, пункти індивідуального і громадського прокату, душові тощо.

Дослідження програм громадського велопрокату в Мельбурні, Брісбені, Вашингтоні, округ Колумбія, Великому Лондоні і Міннеаполісі показало, що вплив розвиненої велоінфраструктури на екологію значною мірою залежить від специфіки міста. У Мельбурні та Міннеаполісі приблизно на 90 тис. км/год скоротилося використання автомобілів завдяки появі міського велопрокату. Крім цього, розвинена велоінфраструктура дозволяє скоротити використання інших видів транспорту, таких як мопеди, мотоцикли, на 46 % в Берліні і до 34 % в Штутгарті.

Відсутність адекватних паркувальних місць, особливо в центральних частинах міст, незаконне паркування на вулицях і дорогах, затори в центрі міста, транзитний рух вантажного автотранспорту в містах, збільшення витрат і часу на пересування на особистому автомобілі, низька якість пішохідної інфраструктури, непристосованість інфраструктури до потреб маломобільних категорій населення є типовими характеристиками українських міст. При цьому користувачі різних видів транспорту постійно опиняються у взаємному конфлікті. Рішенням цих проблем для центральної частини міста може стати створення «зони, вільної від автомобілів».

Зона, вільна від автомобілів стосується визначення міської політики, яка спрямована на підвищення привабливості та економічної життєздатності центральної частини міста за рахунок зниження кількості припаркованих і рухомих транспортних засобів і заохочення ефективних міських способів пересування. Ця політика має на увазі більш серйозні зміни, ніж просто створити ізольовані пішохідні вулиці, але вона ні в якому разі не означає повне виключення автомобільного транспорту і не обов'язково призводить до зменшення сумарного пробігу автотранспорту в місті в цілому. Українські міста можуть почати з проведення «дня без авто» в рамках Європейського тижня мобільності.

Зелені насадження очищають повітря від шкідливих речовин, пилу і газів, знижують шум в житлових квартирах, підвищують вологість повітря в спекотні дні. Зелені насадження на площі в 1 га за рік очищають 10 млн м³ повітря, а за 1 годину поглинають 8 кг вуглекислого газу, який видихають за цей час 200 осіб. Газозахисний ефект зелених насаджень залежить від характеру посадок, видового складу дерев і чагарників, пори року. Встановлено, що на відстані 1 км від джерела концентрація окису азоту при наявності зелених насаджень в п'ять разів менше, ніж без них. Концентрація чадного газу на відстані 30-60 м від проїжджої частини після появи листя на деревах знижується в 2-2,5 рази. Хвоя і листя дерев здатні активно поглинати сірчистий газ.

Таким чином одним з пріоритетів розвитку міст України має бути зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище і людину за рахунок впровадження європейських стандартів і розвитку екологічної інфраструктури.

Висновки до розділу 3

Проаналізовано засоби, які можуть зменшити шкідливий вплив автомобільного транспорту на атмосферне повітря.

На основі аналізу можна стверджувати, що необхідно втілювати комплексний підхід для зменшення шкідливих викидів транспорту у повітря.

В наші дні найбільш реалістичними засобами зменшення шкідливих речовин в атмосферу є використання в якості палива природного газу, перехід на електродвигуни і використання сучасних методів очищення відпрацьованих газів автомобілів за європейськими стандартами.

Пріоритетним напрямком розвитку міст України має бути зниження негативного впливу транспорту на навколишнє середовище і людину за рахунок впровадження європейських стандартів і розвитку екологічної інфраструктури.

ВИСНОВКИ

Експлуатація транспортних засобів неминуче призводить до комплексного забруднення навколишнього середовища. Використання автомобілів, літаків, поїздів та інших видів транспорту супроводжується не лише викидами шкідливих речовин у повітря, а й створенням шумового навантаження, забрудненням ґрунтів і водойм. У результаті формується багатокomпонентний негативний вплив на екологію, який охоплює атмосферу, гідросферу та біосферу, погіршуючи якість життя населення та стан природних екосистем.

Кожен вид транспорту має власні особливості та специфічні шкідливі фактори для довкілля. Автомобільний транспорт спричиняє значні викиди парникових газів і пилу, авіаційний впливає на верхні шари атмосфери та створює потужне шумове забруднення, залізничний може забруднювати ґрунти мастильними матеріалами, а водний транспорт негативно позначається на акваторіях через витоки палива та шум, що шкодить морським екосистемам.

Забруднення атмосферного повітря властиве більшості видів транспорту, але найбільший внесок робить автомобільний транспорт. Сьогодні переважна більшість автомобілів оснащена двигунами внутрішнього згоряння, які продукують викиди оксидів азоту, вуглецю, сірки та твердих частинок. Це спричиняє утворення смогу, погіршення здоров'я населення, а також посилює глобальні кліматичні зміни. Навіть сучасні технології зменшення викидів лише частково вирішують проблему, але не здатні повністю її усунути.

Масове використання автомобілів призводить до комплексних екологічних наслідків: забруднення повітря, шумового навантаження, утворення відходів від використання палива та мастильних матеріалів. Найбільш небезпечним чинником є саме забруднення атмосфери. Викиди відпрацьованих газів містять токсичні сполуки, що негативно впливають на

здоров'я людей і стан екосистем. Забруднене повітря провокує розвиток респіраторних захворювань, погіршує якість життя та сприяє глобальним кліматичним змінам. Це питання особливо гостро постає у великих містах, де концентрація транспорту надзвичайно висока.

Було здійснено аналіз засобів, здатних зменшити негативний вплив автомобільного транспорту на атмосферне повітря.

З особливою увагою було розглянуто науково-технологічні рішення та організаційні заходи, які спрямовані на зниження рівня забруднення. До них належать модернізація двигунів, використання альтернативних видів палива, впровадження екологічних стандартів та розвиток інфраструктури для екологічно чистого транспорту.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що необхідно застосовувати комплексний підхід для зменшення шкідливих викидів транспорту у повітря.

Такий підхід має включати одночасне використання екологічно безпечного палива, сучасних систем очищення вихлопних газів, розвиток громадського транспорту та створення умов для поширення електромобілів. Лише поєднання цих заходів здатне забезпечити реальне покращення стану довкілля та здоров'я населення.

У сучасних умовах найбільш реалістичними та ефективними засобами зменшення кількості шкідливих речовин в атмосфері є використання природного газу як палива, перехід на електродвигуни та застосування новітніх методів очищення відпрацьованих газів відповідно до європейських стандартів.

Пріоритетним напрямком розвитку українських міст має стати зниження негативного впливу транспорту на довкілля та здоров'я людини шляхом впровадження європейських екологічних стандартів і створення сучасної екологічної інфраструктури. Сучасної екологічна інфраструктура міст України повинна передбачати розбудову мережі зарядних станцій для електромобілів, підтримку громадського транспорту, розвиток велосипедних

доріжок та впровадження суворих екологічних норм для всіх видів транспорту.

Пропонований комплексний підхід до проблеми забруднення довкілля транспортними засобами сприятиме не лише охороні навколишнього середовища, а й підвищенню якості життя населення та формуванню сталого розвитку міст України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров Ст Ю., Кузубова Є. П., Яблокова Є. П. Екологічні проблеми автомобільного транспорту. - Харків, 2015. - 113 с.
2. Бастман Т. Криза навколишнього середовища. - Львів: Прогреспогода, 2015.
3. Воронцов А. І., Щетинський Є. А., Никодимов І. Д. Охорона природи. - К.: Агропромиздат, 2019. - 303 с.
4. ГорелінД. О., Конопелько Л. А. Моніторинг забруднення атмосфери та джерел викидів. - К.: Вид-во стандартів, 2012. - 432 с.
5. Григор'єв А. А. Екологічні уроки історичного минулого та сучасності. -Львів.: Наука, 2021. - 251 с.
6. Дьяков А. Б., Ігнат'єв Ю. В., Копшин Е. П. та ін. Екологічна безпека транспортних потоків. - К.: Транспорт, 2019. - 178 с.
7. Карпінський Б., Макух Б. Транспортна система України в контексті Європейської інтеграції// Економіка України. – 2018. - №7. -С.17-23.
8. Кондратьєв К. Я. Ключові проблеми глобальної екології. - К., 2020. 454 с.
9. Легенький Г., Новікова А. Проблеми розвитку транзитних перевезень та шляхи їх вирішення// Економіка України. - 2012. - №7. - С.32-40.
10. Новіков Ю. В. Охорона навколишнього середовища. - К.: Вища школа, 2017. 287 с.
11. Новіков Ю. В., Голубєв І. Р. Навколишнє середовище та транспорт. - К.: Транспорт, 2017.-207 с.
12. Основи організації транзитного забезпечення зовнішньоторговельних зв'язків України/Ю.М.Цвєтов (наук.руків.), О.І.Єдін, М.В.Макаренко та ін. – К.: ОАТ «ІКТП-Центр», 2010. – 581 с.

13. Основи організації транзитного забезпечення зовнішньоторговельних зв'язків України/Ю.М.Цветов (наук.руків.), О.І.Єдін, М.В.Макаренко та ін. – К.: ОАТ «ІКТП-Центр», 2010. – 581 с. .
14. Швець С.А. Економічне стимулювання екологізації транспорту в розвинених країнах та в Україні// Механізм регулювання економіки: економіка природокористування, економіка підприємства та організація виробництва. - 2021. - №1-2. -С.74-82.
15. Степанчук О.В. та ін. Негативний вплив автомобільного транспорту на вулиці та дороги населених пунктів // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник / - К., НАУ, 2011. - Вип. 5-6. – С. 224-229.
16. Солуха Б.В., Фукс Г.Б. Міська екологія: Навчальний посібник – К.: КНУБА, 2004. – 338с.
17. Екологічний впливміського транспорту на навколишнєсередовище. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=485369>;
18. Екологія: Транспорт. URL: http://childflora.org.ua/?page_id=32;
19. Білявський Г. О. Основиекології: підручник / БілявськийГ. О., ФурдуйР. С, Костіков. І. Ю. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2005. — 408 с.
20. Любий Є.В. Основи теорії транспортних процесів і систем: моделювання маршрутних систем пасажирського транспорту міст / Є.В. Любий, С.В. Свічинський // Вісник НТУ «ХПІ»: зб. наук. праць. – Х.: НТУ «ХПІ» - 2012. - № 44(950). – С. 55-60.
21. Appendix E: Traffic Analysis Tools by Category / U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. URL: http://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol2/sectapp_e.htm#top.
22. The Future of Transportation Modeling, Final Report / M.P. Boile, K. Ozbay, N. Aboobaker: New Jersey Department of Transportatoion – 2005. – 124 p.

23. Travel Demand Modeling for the Small and Medium Sized MPOs in Illinois / M.S. Ullah, U. Molakatalla, R. Morocoima-Black, A. Z. Mohideen – Research Report ICT-11-091 – Illinois Center for Transportation, 2011. – 124 p.
24. Weeks Andrew. Vermont Statewide Travel Demand Model-A Preliminary Evaluation / A. Weeks – No. UVM TRC Report# 10-007. – Burlington, 2010. – 46 p.
25. Горбачов П. Ф. Основи теорії транспортних систем : учеб. Допомога / П. Ф. Горбачов, И. А. Дмитрієв. – Харків : Изд. ХНАДУ, 2002. - с. 163-191.
26. Горєв А. Э. Основи теорії транспортних систем: учеб. допомога / А.Э. Горєв. – Спбгасу. – Спб., 2010. – с. 46-78.
27. Каніло П.М., Бей І.С., Ровенський О.І. Автомобіль та навколишнє середовище : навчальний посібник. Харків : Прапор, 2000. 304 с.
28. Air quality in Europe – 2014. European Environment Agency Report. European Union. 2014. № 5. 82 p.
29. Шаповалов А.Л. Оцінка якості життя населення регіонів України. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Харків. 2010. Вип. 48. С. 135–139.
30. Вітрищак С.В. Забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту – реальна небезпека нації. Young Scientist. 2014. № 3 (06). С.125–126.
31. Екологічний вплив міського транспорту на навколишнє середовище. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=485369>;
32. Викиди в атмосферне повітря за джерелами забруднення URL: <https://www.ks.ukrstat.gov.ua/ekonomichna-statistika/1743-2-1-6-navkolishne-seredovishche/1319-dinamika-vikidiv-zabrudnjujuchih-rechovin-i.html>