

Міністерство освіти і науки України
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра технологічної та професійної освіти

«До захисту допускаю»
завідувач кафедри технологічної та професійної освіти,
доктор педагогічних наук, професор
_____ Л. В. Оршанський

«____» грудня 2024 р.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИВЧЕННЯ БУДОВИ АВТОМОБІЛІВ
У ПРОФІЛЬНІЙ ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

Спеціальність 014.10 Середня освіта (Трудове навчання та технології)

Магістерська робота

на здобуття кваліфікації – *вчитель трудового навчання,
технологій та креслення, викладач закладу фахової передвищої,
вищої освіти, вчитель інформатики*

Автор роботи: ГУРСЬКИЙ Павло Михайлович _____
підпис

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
СКВАРОК Юрій Юліанович _____
підпис

Дрогобич - 2024

Захист кваліфікаційної магістерської роботи

Екологічні аспекти вивчення будови автомобілів у профільній загальноосвітній школі

Оцінка за стобальною шкалою: _____

Оцінка за національною чотирибальною шкалою: _____

Коротка мотивація захисту:

дата

Голова ЕК

підпис

прізвище та ініціали

Секретар ЕК

підпис

прізвище та ініціали

АНОТАЦІЯ

Гурський П.М. Екологічні аспекти вивчення будови автомобілів у профільній загальноосвітній школі. – Рукопис.

Проаналізовано зміст програми технологічного профілю навчання за спеціалізацією «Автосправа». Проведено огляд літературних джерел з питань екологічної освіти школярів. Подано характеристику компонентів процесу екологічного навчання під час вивчення «Автосправи». Укладено план екологічного навчання і виховання в процесі вивчення будови автомобіля та запропоновано зміст екологічної програми «Екологія автомобіля». Здійснено добір матеріалу для екологічного навчання в процесі вивчення будови автомобілів, який оформлений у вигляді трьох практичних робіт та тестових завдань для контролю знань з екології автомобіля.

Ключові слова: *школярі, профільне навчання, заклад загальної середньої освіти, технології, автомобілі, екологія, інформаційне забезпечення, методи навчання.*

SUMMARY

Gursky P.M. Ecological aspects of studying the structure of cars in a specialised secondary school. – Manuscript.

The article analyses the content of the programme of the technological profile of study in the speciality «Automotive». A review of literature sources on environmental education and upbringing of schoolchildren is carried out. The components of the process of environmental education in the study of «Automotive Business» are described. A plan for environmental education and upbringing in the process of studying the structure of a car has been drawn up and the content of the environmental programme «Car Ecology» has been proposed. The material for ecological education in the process of studying the structure of cars has been selected, which is presented in the form of three practical works and test tasks for controlling knowledge of car ecology.

Keywords: *schoolchildren, specialised training, general secondary education institution, technology, cars, ecology, information support, teaching methods.*

ЗМІСТ

Вступ	2
Розділ 1. Характеристика компонентів процесу екологічного навчання під час вивчення «Автосправи»	5
Розділ 2. Нормування екологічності автомобіля та відповідальність за порушення екологічних норм	10
2.1. Екологічні вимоги до автомобіля	19
2.2. Нормування екологічності автомобіля	12
2.3. Відповідальність за порушення екологічних норм	15
2.4. Шляхи зниження негативного впливу автомобілів на навколишнє середовище	17
Розділ 3. Екологічне навчання і виховання учнів під час вивчення автосправи	20
3.1. Екологізація чинної програми професійного навчання учнів за профілем «Автосправа»	20
3.2. Запровадження окремої екологічної програми «Екологія автомобіля»	22
3.3. Методичне забезпечення екологічного навчання	26
3.3.1. Практичні роботи	31
3.3.2. Тестові завдання	61
Висновки	73
Список використаних джерел	74

ВСТУП

Проблема формування екологічної компетентності особистості набула особливої актуальності у зв'язку з концепцією сталого розвитку, яка передбачає відповідальність усіх громадян за стан довкілля і проявляється у задоволенні теперішніх потреб людства, однак не ставить під загрозу здатність прийдешніх поколінь задовольняти власні потреби. Мета сталого розвитку (Глобальні цілі) були ухвалені ООН у 2015 році як «універсальний заклик до дій щодо скорочення бідності, захисту планети та забезпечення того, щоб до 2030 року усі люди жили в мирі і достатку» [17].

Відповідні завдання щодо забезпечення сталого розвитку ставить перед собою й Україна. З цією метою Законом України за № 2697-VIII від 28 лютого 2019 р. затверджено «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [7]. Цей закон одним із інструментів державної екологічної політики вбачає «освіту в інтересах збалансованого (сталого) розвитку», яка «дасть змогу встановити методологічні основи та запровадити безперервну екологічну освіту» [7]. Особливо важливим є формування екологічної культури молоді – школярів і студентів як найбільш активної та чисельної частини спільноти, яка формуватиме майбутнє країни [5].

Розрізняють утилітарну (повсякденну) екологічну компетентність та екологічну професійну компетентність [8]. Утилітарна екологічна компетентність особливо активно формується у закладах загальної середньої освіти, у процесі екологічного виховання та розвитку [8].

Учені одним із недоліків екологічної освіти та виховання вважають недостатнє використання екологічного потенціалу змісту шкільних предметів. На їхню думку «формування екологічної компетентності здійснюється у процесі реалізації екологічної освіти за рахунок «екологізації» змісту дисципліни (предмету), організації самостійної роботи природоохоронного спрямування, використання інноваційних методик, форм і методів навчання» [12].

Значним потенціалом формування екологічної компетентності школярів володіє технологічний профіль у старших класах закладу загальної середньої освіти за спеціалізацією «Автосправа». Програма цього профілю реалізується впродовж двох років та є достатньо об'ємною (420 год.), а кожен розділ можна доповнити змістом екологічного характеру [11].

Мета виконання магістерської роботи полягає у розробці методичного забезпечення формування екологічної компетентності школярів під час вивчення автосправи у профільній загальноосвітній школі.

Завдання магістерської роботи:

- провести огляд літературних джерел з проблеми екологічного навчання та виховання учнів старшої школи;
- провести аналіз програми профілю «Автосправа» на предмет реалізації екологічного навчання;
- провести огляд конструктивних рішень для покращення екологічності автомобіля;
- укласти методичні рекомендації щодо реалізації екологічного навчання та виховання під час вивчення будови автомобілів;
- розробити практичні заняття з вивчення системи нейтралізації відпрацьованих газів автомобільних двигунів;
- розробити засоби контролю знань з екології автомобіля.

Об'єктом дослідження у магістерській роботі є процес екологічного навчання та виховання учнів старшої школи за програмою автомобільного профілю.

Предмет дослідження – навчально-методичне забезпечення екологічного навчання та виховання у старшій школі за профілем «Автосправа».

Магістерська робота містить вступ, три розділи, висновки, перелік використаних літературних джерел (18 найменувань). У першому охарактеризовано компонентів процесу екологічного навчання під час вивчення «Автосправи». Другий розділ присвячено огляду нормування екологічності автомобіля у країнах Євросоюзу та в Україні, та відповідальності за порушення

екологічних норм. Третій розділ містить розробку методичного забезпечення екологічного навчання та виховання у процесі вивчення будови автомобіля, що включає: план екологічного навчання і виховання під час професійного навчання учнів за профілем «Автосправа»; зміст екологічної програми «Екологія автомобіля»; методичні матеріали до трьох практичних занять з вивчення систем нейтралізації відпрацьованих газів автомобільних двигунів; тестові завдання для контролю знань з теми з екологія автомобіля.

Робота пройшла **апробацію** на XI Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної науки» у формі доповіді «Екологічні аспекти вивчення будови автомобілів у профільній загальноосвітній школі» з публікацією у збірнику матеріалів конференції.

Розділ 1.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТІВ ПРОЦЕСУ ЕКОЛОГІЧНОГО НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ «АВТОСПРАВИ»

Екологічне навчання та виховання учнів є надзвичайно важливими для формування відповідального ставлення до навколишнього середовища.

Екологічне навчання учнів є складним процесом, який містить три компоненти: 1) інтелектуальний – формування екологічних знань; 2) операційний – формування екологічних умінь і навичок; 3) мотиваційний – розвиток мотиваційної сфери природоохоронної діяльності [5].

Існує ряд проблем, які можуть ускладнювати цей процес:

1. Недостатня увага до екології в навчальних програмах. У багатьох школах екологічні питання не є пріоритетними. Часто екологічне навчання обмежене окремими уроками або проєктами, а не є частиною всього навчального процесу.
2. Недостатня підготовка вчителів. Не всі вчителі мають достатню кваліфікацію або ресурси для проведення ефективного екологічного навчання. Підготовка вчителів у цій сфері часто потребує вдосконалення.
3. Брак ресурсів і матеріалів. Екологічні навчальні матеріали можуть бути дорогими або недоступними, що ускладнює впровадження екологічних проєктів та програм у школах.
4. Неадекватна інфраструктура. Багато шкіл мають обмежені можливості для реалізації екологічних ініціатив, таких як утилізація відходів, енергозбереження чи садівництво.
5. Недостатня мотивація учнів. Деякі учні можуть не усвідомлювати важливість екологічних проблем або не бути достатньо зацікавленими в цих питаннях через брак практичного досвіду або вражень.
6. Соціально-економічні бар'єри. У школах, розташованих у соціально-економічно слабших районах, можуть бути менш сприятливі умови для

реалізації екологічних програм через брак фінансування та інших ресурсів.

7. Суперечності в інформації. Інформація про екологічні проблеми і рішення може бути суперечливою або недостатньо перевіреною, що ускладнює навчання та виховання учнів.
8. Вплив соціальних медіа та інформаційного перевантаження. Учні можуть отримувати суперечливу або неправдиву інформацію з соціальних медіа, що може заплутати їх у питаннях екології та сталого розвитку.

Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, включаючи вдосконалення навчальних програм, підвищення кваліфікації вчителів, залучення додаткових ресурсів і активну участь усіх учасників освітнього процесу.

У процесі вивчення конкретного навчального предмету зміст екологічного навчання має відображати можливості цього предмету у формуванні всіх трьох вище зазначених компонентів. У змісті екологічного навчання мають відображатися специфіка предметної області цього предмету й особливості вмінь і навичок учнів, що формуються в освітньому процесі.

Спробуємо дати характеристики компонентів процесу екологічного навчання під час вивчення «Автосправи».

Екологічні знання. Для правильного формування змісту екологічних знань під час вивчення будови автомобіля та його експлуатації потрібно визначити точки дотику екологічних проблем та предмету вивчення. Оскільки автомобільний транспорт суттєво забруднює атмосферу, змістом екологічної освіти повинні стати усі його складові, які в тій чи іншій мірі впливають на довкілля. Основна увага повинна буди приділена двигунам внутрішнього згорання, в першу чергу їхнім системам живлення. Саме робота системи живлення супроводжується значними викидами шкідливих компонентів в атмосферу. В окрему тему потрібно укласти інформацію про системи нейтралізації відпрацьованих газів, де розглянути будову та роботу каталітичних нейтралізаторів та сажових фільтрів.

Вплив автомобільного транспорту на довкілля можна вивчати за такою схемою:

- а) шкідливі викиди автомобіля (екологічно нейтральні; неядовиті, екологічно активні; ядовиті, токсичні) – дія на навколишнє середовище;
- б) показники токсичності автомобільних двигунів – їх нормування і контролювання;
- в) будова автомобіля – робочі процеси, що впливають на стан довкілля.

Екологічні уміння і навички. У процесі вивчення автосправи насамперед можуть бути сформовані загальні екологічні вміння. Зміст цих умінь буде визначатися програмою предмету, а саме розділом «Технічне обслуговування автомобіля». Тематика, зміст та методика проведення лабораторно-практичних робіт повинні бути укладені таким чином, щоб формувати уміння захистити довкілля від забруднення як під час експлуатації автомобіля, так і в процесі виконання робіт з його технічного обслуговування. Складовими цього уміння повинні бути здатність передбачати і попереджати негативний вплив автотранспорту на довкілля та виконувати дії щодо запобігання цього впливу.

Формуванню екологічної компетентності учнів сприяє їх залучення до активної природоохоронної діяльності. У зв'язку з цим важливими є уміння і навички пропагувати та поширювати природоохоронну інформацію. Такі навички можуть формуватися як при виконанні творчих проєктів, так і у процесі підготовки та проведення різноманітних позакласних заходів, присвячених охороні природи.

Мотиваційний компонент. Реалізація цього компоненту, на наш погляд, є найскладнішою, оскільки стосується лише певної особистості та «визначається екологічною свідомістю, тобто переконаннями, цінностями, відповідальністю, моральним відношенням до природи» [5]. Можливості автосправи у формуванні мотивів природоохоронної діяльності учнів суттєво залежать від учителя, зокрема від його уміння «перетворити зовнішні мотиви і стимули у внутрішні мотиви особистості» [6].

Шляхами формування екологічної компетентності учнів під час вивчення «Автосправи» вважаємо такі:

- 1) доповнення теоретичного матеріалу темами екологічного спрямування;
- 2) проведення екологічно спрямованих лабораторних і практичних робіт;
- 3) виконання творчих завдань (проектів) екологічного спрямування.

Ключовими екологічними аспектами, які варто враховувати при вивченні будови автомобілів, повинні бути:

1. Енергетична ефективність

Технології двигунів. Аналіз різних типів двигунів (бензинові, дизельні, електричні, гібридні) та їхній вплив на споживання пального та енергетичну ефективність. *Системи рекуперації енергії.* Вивчення систем рекуперації енергії, таких як гібридні системи або рекуперативне гальмування, для підвищення ефективності використання пального.

2. Викиди забруднюючих речовин

Системи очищення відпрацьованих газів. Огляд технологій очищення викидів, таких як каталітичні нейтралізатори, фільтри часток, системи SCR (селективне каталітичне відновлення). *Викиди CO₂ та інших газів.* Оцінка впливу різних типів двигунів на рівень викидів CO₂, NO_x, вуглеводнів та інших забруднюючих речовин.

3. Використання матеріалів

Екологічні матеріали. Вивчення використання матеріалів з низьким екологічним впливом, таких як перероблені або біорозкладні матеріали. *Вторинна переробка.* Аналіз можливостей переробки та повторного використання матеріалів, таких як метали, пластмаси, гума.

4. Утилізація та переробка

Планування життєвого циклу. Розгляд процедур утилізації автомобілів після їхнього використання, включаючи переробку компонентів і небезпечних відходів. *Зелена сертифікація.* Вивчення стандартів і сертифікацій, які сприяють екологічно чистій утилізації та переробці автомобілів.

5. Альтернативні види пального

Електричні та водневі автомобілі. Аналіз переваг і недоліків електричних і водневих автомобілів, їхній вплив на довкілля в порівнянні з традиційними бензиновими та дизельними автомобілями. *Біопаливо.* Вивчення використання біопального, такого як етанол або біодизель, і його екологічні переваги.

6. Аеродинаміка та енергоефективність

Аеродинамічні характеристики. Вивчення впливу аеродинаміки на споживання пального і загальну ефективність автомобіля. *Покращення аеродинамічних властивостей.* Аналіз технологій і рішень, які допомагають зменшити опір повітря і, відповідно, витрати пального.

7. Шум і вібрації

Зниження шуму. Вивчення технологій, які допомагають зменшити рівень шуму, що виробляється автомобілем. *Контроль вібрацій.* Аналіз систем для зменшення вібрацій, що можуть негативно вплинути на навколишнє середовище та здоров'я людей.

8. Інтелектуальні транспортні системи

Автоматизація. Вивчення впливу автоматизованих (автопілотних) автомобілів на зменшення витрат пального і зниження викидів. *Управління трафіком.* Оцінка впливу систем управління трафіком на загальні екологічні показники.

9. Екологічне проектування

Еко-дизайн. Включення екологічних принципів у процес проектування автомобілів для зменшення їхнього негативного впливу на довкілля. *Енергоефективні компоненти.* Впровадження енергоефективних технологій у проектування автомобільних систем і компонентів. Залучення до вивчення цих аспектів допомагає формувати екологічно відповідальне мислення, сприяє підвищенню обізнаності про важливість екологічних практик в автомобільній галузі серед учнів, студентів, інженерів і широкої громадськості.

Розділ 2.

НОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ТА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ПОРУШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НОРМ

2.1. Екологічні вимоги до автомобіля

Сьогодні щодня людство використовує мільйони різних транспортних засобів. Робочий процес більшості з них супроводжується викидами відпрацьованих газів та створенням шуму, що створює велике навантаження на навколишнє середовище. Токсичні компоненти, які містяться у відпрацьованих газах, отруюють живі організми. Вуглекислий газ, метан та оксиди азоту сприяють поглибленню парникового ефекту, який супроводжується підвищенням температури на планеті. Наслідками цього є танення льодовиків і швидке підвищення рівня води в морях та океанах, зміна клімату та часті погодні аномалії, скорочення запасів прісної води.

Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище є значним. Окрім того негативно впливає на тваринний і рослинний світ постійно зростаюча дорожня інфраструктура. На урядових ресурсах та ресурсах євросоюзу викладено багато цікавих фактів про викиди шкідливих компонентів в транспортному секторі.

З точки зору завданих збитків навколишньому середовищу у всіх видах негативної дії лідирує автомобільний транспорт. На його долю припадає 95% забруднення повітря, 49,5% – шум, 68% – негативний вплив на клімат [18]. Там же ж зазначено, що з 35 млн. тон шкідливих викидів 89% припадає на автомобільний транспорт та підприємства дорожньо-будівельного комплексу. Відомо, що один автомобіль щорічно поглинає з атмосфери в середньому понад 4 т кисню, викидаючи при цьому з відпрацьованими газами приблизно 800 кг чадного газу та 40 кг оксиду азоту.

Сьогодні більшість країн мають свої національні стандарти, які нормують токсичність викидів автомобіля. У розвинутих країнах перевірка рівня

токсичності відпрацьованих газів здійснюється на всіх стадіях як виробництва автомобілів, так і під час їх експлуатації.

Екологічні вимоги до автомобілів мають на меті зменшити їхній вплив на навколишнє середовище. Основні аспекти цих вимог перераховані нижче [18].

1. Викиди забруднюючих речовин. Автомобілі повинні відповідати стандартам викидів, які регулюють кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу. Наприклад, в Європі це стандарт Euro, який поступово стає все суворішим. Основні компоненти, що контролюються: оксиди азоту (NO_x), вуглекислий газ (CO_2), вуглеводні (НС) і частки твердої речовини (РМ).

2. Енергоефективність. Автомобілі повинні бути економними у споживанні пального, щоб зменшити викиди CO_2 . Вимагаються певні норми споживання пального на одиницю відстані.

3. Використання відновлювальних джерел енергії. Сприяння розвитку електричних автомобілів, гібридів та інших транспортних засобів, які використовують відновлювальні джерела енергії або мають низький рівень викидів.

4. Екологічні норми на виробництві. Автомобілі повинні відповідати екологічним стандартам не тільки під час експлуатації, а й на етапі їх виробництва. Це включає використання екологічних матеріалів і зменшення відходів.

5. Викиди шуму. Встановлені обмеження на рівень шуму, який автомобіль може виробляти, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище і здоров'я людей.

6. Утилізація і переробка. Вимоги до утилізації автомобілів після закінчення терміну служби, зокрема переробка частин і компонентів для зменшення відходів.

Ці вимоги постійно змінюються і вдосконалюються, щоб відповідати новим екологічним викликам і досягати цілей сталого розвитку.

2.2. Нормування екологічності автомобіля

Норми токсичності для автомобільних двигунів Євро (Euro) були вперше запроваджені в Європейському Союзі на початку 1990-х років. Основні етапи впровадження норм Euro такі [4]:

1. **Euro 1.** Запроваджено 1 січня 1993 року. Це були перші норми, які визначали максимально допустимі рівні викидів забруднюючих речовин, таких як оксиди азоту (NO_x), вуглеводні (HC) і вуглекислий газ (CO).
2. **Euro 2.** Запроваджено 1 січня 1996 року. Ці норми стали більш суворими порівняно з Euro 1 і зменшили допустимі рівні викидів.
3. **Euro 3.** Запроваджено 1 січня 2000 року. Знову зменшили максимально допустимі рівні викидів і впровадили нові вимоги до перевірки і контролю за викидами.
4. **Euro 4.** Запроваджено 1 січня 2005 року. Норми стали ще суворішими, зокрема, для дизельних автомобілів. Зазначено нові вимоги до системи каталітичного очищення вихлопних газів.
5. **Euro 5.** Запроваджено 1 вересня 2009 року для нових моделей і 1 січня 2011 року для всіх нових автомобілів. Ці норми зменшили рівень викидів часток та оксидів азоту, особливо для дизельних автомобілів.
6. **Euro 6.** Запроваджено 1 вересня 2014 року для нових моделей і 1 вересня 2015 року для всіх нових автомобілів. Норми Euro 6 стали ще більш суворими, включаючи значні обмеження на викиди оксидів азоту і часток для дизельних автомобілів.

Кожен новий етап вимагає від автомобільних виробників вдосконалення технологій для зменшення викидів забруднюючих речовин і покращення екологічних характеристик автомобілів.

В Україні на даний момент діють такі норми викидів Euro, що регулюють екологічні вимоги до автомобілів [4].

1. **Euro 2.** З 1 січня 2012 року в Україні для нових легкових автомобілів введено вимоги стандарту Євро 2. Для нових вантажівок і автобусів вимоги Євро 2 діють з 1 січня 2014 року.
2. **Euro 3.** З 1 січня 2016 року в Україні для нових легкових автомобілів та вантажівок стали обов'язковими норми Євро 3.
3. **Euro 4.** В Україні обов'язкове виконання стандартів Євро 4 для нових автомобілів, включаючи легкові, вантажні автомобілі та автобуси, було запроваджене з 1 січня 2018 року.
4. **Euro 5.** З 1 січня 2021 року для нових автомобілів в Україні введено вимоги стандарту Євро 5.
5. **Euro 6.** Наразі Україна ще не впровадила обов'язкові вимоги стандарту Євро 6, хоча існують плани по поступовому переходу до цього стандарту у майбутньому.

Екологічність автомобіля в Україні регламентують кілька основних законів і нормативних актів. Основні з них такі:

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» – визначає основи екологічної політики та загальні вимоги щодо охорони навколишнього середовища, включаючи контроль за забрудненням повітря від автомобільного транспорту.

2. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» – встановлює норми щодо викидів забруднюючих речовин, що можуть впливати на здоров'я людей, включаючи автомобільні викиди.

3. Закон України «Про автомобільний транспорт» – включає положення, що стосуються екологічних вимог до транспортних засобів, зокрема, щодо обов'язкових стандартів викидів та технічних перевірок.

4. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» – регулює питання викидів забруднюючих речовин в атмосферу, включаючи стандарти для автомобільного транспорту.

5. Кодекс України про адміністративні правопорушення – містить норми про відповідальність за порушення екологічних норм, включаючи перевищення допустимих рівнів викидів автомобільного транспорту.

6. Постанови Кабінету Міністрів України – Кабінет Міністрів видає постанови, що конкретизують екологічні вимоги до автомобілів, включаючи впровадження стандартів Євро, правила технічного огляду та контроль за дотриманням екологічних норм.

7. Накази Міністерства охорони навколишнього природного середовища – міністерство видає накази та інші документи, що деталізують вимоги до викидів автомобілів і контролю за їх виконанням.

8. Технічні регламенти – регламентують вимоги до автомобільних викидів та їх контроль, зокрема впровадження європейських стандартів у національне законодавство.

Ці закони і нормативні акти допомагають регулювати екологічні аспекти автомобільного транспорту і забезпечувати зменшення негативного впливу на навколишнє середовище в Україні.

В Україні кілька постанов Кабінету Міністрів конкретизують екологічні вимоги до автомобілів. Зокрема вони регулюють різні аспекти екологічних вимог до автомобілів, включаючи технічний огляд, стандарти викидів, контроль якості пального та інші важливі питання. Основні з них такі:

1. Постанова Кабінету Міністрів України № 376 від 25.05.2011 «Про затвердження Порядку проведення технічного огляду транспортних засобів» – визначає порядок технічного огляду автомобілів, включаючи перевірку відповідності викидів забруднюючих речовин екологічним стандартам.

2. Постанова Кабінету Міністрів України № 1074 від 07.11.2018 «Про затвердження Порядку імплементації вимог Європейського Союзу щодо викидів забруднюючих речовин з автомобільного транспорту» – регламентує впровадження стандартів Євро 5 і 6 в Україні, визначає правила для нових транспортних засобів та процедури перевірки викидів.

3. Постанова Кабінету Міністрів України № 842 від 07.10.2020 «Про затвердження Порядку проведення державного контролю за рівнями викидів забруднюючих речовин в атмосферу» – встановлює процедури для контролю і моніторингу рівнів викидів забруднюючих речовин автомобільним транспортом.

4. Постанова Кабінету Міністрів України № 1198 від 16.12.2015 «Про затвердження Правил державного контролю за якістю пального та вимог до пального, що реалізується на території України» – включає норми щодо якості пального, що впливають на екологічність автомобілів.

5. Постанова Кабінету Міністрів України № 658 від 22.06.2022 «Про затвердження Порядку організації та проведення технічного огляду транспортних засобів у частині екологічних норм» – актуалізує правила технічного огляду, зокрема, щодо відповідності екологічним стандартам.

2.3. Відповідальність за порушення екологічних норм

В більшості європейських країн контроль екологічних параметрів автомобіля здійснюється під час проходження технічного огляду з обов'язковою оплатою екологічного збору усіма власниками автомобілів. Екологічний огляд автомобілі проходять на спеціально атестованих пунктах, станціях технічного обслуговування, майстернях. Робота таких структур жорстко контролюється. Дорожня поліція екологічний контроль безпосередньо на дорогах не проводить, але здійснює перевірку наявності екологічного свідоцтва. При його відсутності власник автомобіля сплачує штраф і зобов'язаний провести платний екологічний огляд автомобіля.

В Україні за порушення екологічних норм, включаючи перевищення допустимих рівнів викидів автомобільного транспорту, передбачена різна відповідальність, зокрема:

1. Адміністративна відповідальність. Кодекс України про адміністративні правопорушення (КУпАП) визначає штрафи та інші санкції за порушення

екологічних норм. Основні статті, що стосуються автомобільного транспорту, включають:

– Стаття 82: Санкції за порушення норм, що регулюють викиди забруднюючих речовин в атмосферу. Можуть бути накладені штрафи на юридичних та фізичних осіб.

– Стаття 96: Відповідальність за порушення правил експлуатації транспортних засобів, що можуть включати перевищення допустимих рівнів викидів.

– Стаття 115: Штрафи за порушення норм і стандартів, встановлених для автомобільного транспорту.

2. Фінансова відповідальність. Якщо транспортний засіб не відповідає екологічним стандартам (наприклад, не проходить технічний огляд), на власника може бути накладено штраф. Розмір штрафів може змінюватися в залежності від рівня порушення і встановлюється відповідно до чинного законодавства.

3. Технічні санкції. Автомобілі, які не відповідають екологічним стандартам, можуть бути заборонені до експлуатації до усунення порушень. Можливе примусове усунення несправностей через технічний огляд або виправлення ситуації відповідно до вимог законодавства.

4. Кримінальна відповідальність. У разі грубих порушень або систематичних порушень екологічних норм, що завдають значної шкоди навколишньому середовищу, може бути застосована кримінальна відповідальність відповідно до Кримінального кодексу України.

5. Адміністративні та судові санкції. У разі порушення екологічних норм, зокрема перевищення допустимих рівнів викидів, може бути подана скарга до відповідних органів контролю, що може призвести до адміністративних розслідувань та судового розгляду.

2.4. Шляхи зниження негативного впливу автомобілів на навколишнє середовище

Сьогодні розглядають кілька рішень, які можуть посприяти зменшенню негативної дії автомобілів на навколишнє середовище [13].

1. Альтернативні джерела енергії для автомобілів

Альтернативні джерела енергії для автомобілів – це різні технології та рішення, які дають змогу знизити або повністю виключити викиди шкідливих речовин і вуглекислого газу в атмосферу, пов'язані з роботою двигунів внутрішнього згоряння.

Одним з найбільш популярних варіантів є використання електричної енергії замість бензину або дизельного палива. Електромобілі використовують електричний двигун і батареї для зберігання енергії. Вони не викидають вуглекислий газ і можуть значно знизити викиди інших шкідливих речовин, таких як оксиди азоту та дрібні частинки.

В даний час електромобілі активно розвиваються і виробляються багатьма автовиробниками. Крім того, існують також гібридні автомобілі, які використовують як двигун внутрішнього згоряння, так і електричний двигун. Ці автомобілі можуть бути більш ефективними у використанні палива і можуть значно знизити викиди шкідливих речовин. У 2023 році було продано 13,6 млн електричних і гібридних автомобілів, з них – 9,5 млн електромобілів [14]. Порівняно з 2022 роком глобальні продажі електромобілів у 2023 році зросли на 31% [14]. В Україну впродовж 2023 року було ввезено 37953 електромобілів, що у 4 рази більше ніж у 2021 [15].

Іншим альтернативним джерелом енергії є водень. Водневі автомобілі використовують водень для живлення паливних елементів, які генерують електричну енергію для приводу двигуна. Викиди при цьому зводяться лише до води. Однак поки що воднева інфраструктура розвинена недостатньо широко, і виробництво водню все ще є досить дорогим.

2. Ефективні транспортні засоби та інфраструктура

Ефективні транспортні засоби та інфраструктура – це ще один шлях для зниження впливу автомобілів на навколишнє середовище. Це може бути досягнуто через такі рішення [13]:

Електричні та гібридні автомобілі

Електричні та гібридні автомобілі можуть значно скоротити викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин в атмосферу. У багатьох країнах уряди надають податкові пільги та субсидії для купівлі електричних і гібридних автомобілів.

Покращені двигуни внутрішнього згоряння

Нові технології та вдосконалення двигунів внутрішнього згоряння можуть знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Наприклад, двигуни, що працюють на біопаливі, можуть зменшити викиди вуглекислого газу на 60-90%, а двигуни з газовим упорскуванням можуть знизити викиди оксидів азоту на 50-90%.

Інфраструктура для електромобілів

Для підвищення популярності електромобілів необхідна розвинена інфраструктура. Це може включати в себе створення мережі зарядних станцій по всій країні, зокрема на громадських парковках і заправних станціях.

Громадський транспорт

Організація ефективного громадського транспорту – одне з найефективніших рішень для зниження впливу автомобілів на навколишнє середовище. Добре розвинений і доступний громадський транспорт може зменшити кількість власних автомобілів на дорогах, що призводить до зниження викидів шкідливих речовин.

Велосипеди та піший транспорт

Використання велосипедів і пішого транспорту може знизити викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, а також поліпшити здоров'я людей і знизити завантаженість дорожньої інфраструктури. У деяких містах вже існують велосипедні доріжки та піші зони, а також громадський транспорт, який полегшує пересування без необхідності використовувати автомобіль.

Наприклад, у Копенгагені близько 50% усіх поїздок здійснюються на велосипеді, що значно знижує викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин [13]. Велосипеди також є більш ефективним засобом пересування, оскільки вони можуть легко обходити затори на дорогах і не займають багато місця на дорогах.

Створення інфраструктури, яка б сприяла використанню велосипедів і піших походів, є важливим кроком для зниження впливу автомобілів на навколишнє середовище. Крім того, багато міст впроваджують програми громадського транспорту, такі як системи велопрокату чи прокату електроскутерів, електросамокатів, які збільшують частку екологічно чистого транспорту та сприяють зменшенню кількості автомобілів на дорогах.

3. Сучасні технології утилізації автомобілів

Розвиток сучасних технологій утилізації автомобілів може знизити кількість токсичних речовин, що викидаються під час утилізації. Розробка більш екологічних матеріалів для виробництва автомобілів може допомогти скоротити споживання ресурсів і знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Загалом, зниження впливу автомобілів на навколишнє середовище вимагає комплексного підходу, який включає в себе розвиток альтернативних джерел енергії, використання більш ефективних транспортних засобів та інфраструктури, а також розвиток сучасних технологій утилізації автомобілів.

Розділ 3.

ЕКОЛОГІЧНЕ НАВЧАННЯ І ВИХОВАННЯ УЧНІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ АВТОСПРАВИ

Екологічне навчання і виховання учнів під час вивчення будови автомобілів може бути реалізовано двома способами:

перший – через екологізацію тем чинної програми за профілем «Автосправа»;

другий – запровадження окремої програми, або розділу чинної програми як узагальнення та об'єднання в одне ціле інформації екологічного змісту.

На таку окрему програму чи розділ вчитель може використати резерв часу, який передбачений програмою профілю «Автосправа».

3.1. Екологізація чинної програми професійного навчання учнів за профілем «Автосправа»

Процес екологічної освіти на уроках з автосправи є логічним продовженням процесу екологічної освіти в основній школі, оскільки зміст таких предметів як фізика, хімія, біологія, географія, основи здоров'я містить багато елементів екологічних знань.

Аналіз програми професійного навчання учнів за профілем «Автосправа» показує, що у 10 класі розділ «1. Охорона праці» містить тему «1.3. Охорона навколишнього середовища». Програмою у межах теми передбачено вивчення нормативно-правових актів у сфері охорони навколишнього середовища, шляхів забезпечення охорони навколишнього середовища власниками автомобільного транспорту та підприємствами автомобільної галузі. У результаті вивчення теми учні повинні аналізувати роль людини в охороні навколишнього середовища, називати шляхи забезпечення такої охоронної діяльності, добирати процедури екологічного моніторингу. Явної екологічної складової при вивченні інших розділів програми 10 класу не виявлено.

Враховуючи те, що на вивчення розділу «1. Охорона праці» та «2. Будова автомобіля» програмою відведено відповідно 30 та 84 год. і 12 год. є у резерві вчителя, теми «1.3. Охорона навколишнього середовища» та «2.7. Система живлення двигунів» можна суттєво розширити, доповнивши їх сучасним матеріалом екологічного характеру.

Наявність достатнього об'єму фактичного матеріалу екологічного спрямування, а також врахування вимог до організації процесу екологічного навчання і виховання дає змогу спланувати його, пов'язавши з конкретним матеріалом розділів автосправи.

У таблиці 1 наведено варіант такого плану. Структура плану запозичена в [16]. План містить 4 вертикальні графи. У кожній з цих граф розміщена інформація, яка для вчителя є орієнтиром у формуванні виховних цілей і завдань уроку і забезпеченні їх досягнення у процесі організації діяльності учнів.

У першій графі плану наводиться тема розділу автосправи. Користуючись цією графою, вчитель може доповнити своє планування навчального процесу з автосправи питаннями екологічного навчання і виховання.

У другій графі подаються загальні вказівки щодо змісту елементів екологічних і природоохоронних знань, які можуть бути включені до уроку і пов'язані з відповідним матеріалом теми.

Третя і четверта графи відображають можливості конкретних знань з автосправи і екологічних знань у формуванні операційного і мотиваційного компонентів природоохоронної діяльності учнів.

3.2. Запровадження окремої екологічної програми «Екологія автомобіля»

Шкільна екологічна програма, що стосується автомобільного транспорту, повинна включати компоненти, які допомагають учням зрозуміти вплив транспортних засобів на навколишнє середовище, ознайомити їх із сучасними технологіями та методами зменшення цього впливу, а також сформувати практичні навички для застосування отриманих знань у реальному житті.

Пропонуємо зміст програми під назвою «Екологія автомобіля».

1. Вступ до екології автомобільного транспорту

1.1. Основи екології транспорту

Визначення та роль автомобільного транспорту: як автомобілі впливають на екологію та економіку.

Основні екологічні проблеми: забруднення повітря, глобальне потепління, шумове забруднення.

2. Викиди та забруднення

2.1. Види забруднювальних речовин

Оксиди азоту (NO_x): джерела і вплив на здоров'я та навколишнє середовище.

Вуглекислий газ (CO_2): вплив на парниковий ефект і кліматичні зміни.

Монооксид вуглецю (CO): джерела і його ефекти.

Частки сажі та тверді частки: вплив на здоров'я людини та довкілля.

2.2. Методи вимірювання викидів

Тестування викидів: як вимірюються викиди і стандарти для різних типів транспортних засобів.

3. Енергоефективність та економія пального

3.1. Споживання пального

Витрати пального у різних умовах: міський і заміський цикл.

Фактори, що впливають на витрату пального: стиль водіння, технічний стан автомобіля.

3.2. Енергетичні ресурси

Види пального: бензин, дизель, біопаливо. Електричні акумулятори.

Енергоефективність різних транспортних засобів: витрати пального, електричні автомобілі, гібридні системи.

4. Екологічні технології в автомобільному транспорті

4.1. Сучасні екологічні технології

Каталітичні нейтралізатори: принцип роботи і вплив на зменшення викидів.

Системи рециркуляції відпрацьованих газів (EGR): як вони працюють та їх ефекти.

Сажові фільтри: принципи роботи та їх вплив на зменшення забруднення.

Системи нейтралізації відпрацьованих газів SCR (вибіркове каталітичне відновлення).

4.2. Альтернативні види пального

Електричні та гібридні автомобілі: переваги та недоліки.

Водневі автомобілі: технології та екологічні переваги.

Біопаливо та синтетичне паливо: їх використання та вплив на довкілля.

5. Управління відходами та утилізація

5.1. Управління відходами автомобілів

Відходи автомобільних компонентів: оливи, акумулятори, шини.

Методи утилізації: як правильно утилізувати частини автомобіля, що не підлягають повторному використанню.

5.2. Ресурсозбереження

Переробка автомобільних компонентів: які частини можна переробляти і як це впливає на зменшення відходів.

6. Поведінка водія і зниження впливу

6.1. Екологічний стиль водіння

Рекомендації для зменшення витрат пального: рівномірний рух, зменшення швидкості, регулярне технічне обслуговування.

Зменшення викидів: як змінити стиль водіння для зменшення викидів забруднювальних речовин.

6.2. Плани зниження викидів

Екологічні ініціативи: програми і кампанії для зменшення впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище.

7. Практична діяльність та проекти

7.1. Огляд та аналіз

Практичні роботи: вимірювання витрат пального, аналіз викидів на прикладі реальних автомобілів.

Екологічний проект: розробка проектів, спрямованих на покращення екологічності автомобільного транспорту, наприклад, аналіз впливу певних технологій.

7.2. Віртуальні або реальні екскурсії

Екскурсії на автозаводи або до лабораторій, станції технічного обслуговування автомобілів: огляд технологій, що використовуються для зменшення екологічного впливу автомобілів.

Практична діяльність учнів за програмою

Організація практичної діяльності учнів під час екологічного навчання в процесі вивчення будови автомобіля може включати різноманітні заходи, що сприяють розумінню екологічних аспектів автомобільної техніки та впливу автомобілів на навколишнє середовище. Зокрема для практичних занять можна рекомендувати такі завдання:

1. Проектування моделі екологічного автомобіля

Опис: Учні можуть створити модель автомобіля з використанням екологічних матеріалів або спроектувати концепцію автомобіля з низькими викидами.

Активності: Використання перероблених матеріалів для виготовлення моделей, проектування гібридних або електричних автомобілів, інтеграція екологічних технологій у модель.

2. Аналіз викидів та ефективності

Опис: Використання простих методів для вимірювання викидів забруднюючих речовин у відпрацьованих газах (можливо, у співпраці з лабораторією або експертами).

Активності: Використання спеціалізованого обладнання для аналізу викидів, порівняння результатів для різних типів пального і технологій очищення викидів.

3. Екологічний аудит автомобільних матеріалів

Опис: Учні досліджують різні матеріали, використовувані в автомобілях, і оцінюють їх екологічні властивості.

Активності: Проведення аналізу матеріалів для вивчення їхньої придатності до переробки, енергетичної ефективності та впливу на довкілля.

4. Вивчення альтернативних видів пального

Опис: Дослідження різних видів альтернативних видів пального, таких як біопаливо, електричні батареї або водневі паливні елементи.

Активності: Проведення аналізу про переваги та недоліки різних видів пального, створення презентацій або стендів про альтернативні види пального.

5. Екологічний вплив автомобілів на здоров'я

Опис: Аналіз впливу автомобільних викидів на здоров'я людини та навколишнє середовище.

Активності: Вивчення даних про здоров'я, проведення досліджень або створення інформаційних плакатів про здоров'я та забруднення повітря.

6. Енергетичний аудит автомобіля

Опис: Вивчення енергетичної ефективності автомобіля та пошук способів її покращення.

Активності: Проведення простих розрахунків для оцінки енергетичної ефективності автомобіля, обговорення технологій зменшення витрат пального та покращення аеродинаміки.

7. Віртуальні екскурсії та дослідження

Опис: Віртуальні тури на автомобільні заводи або у лабораторії, що займаються екологічними технологіями.

Активності: Огляд відеоматеріалів або онлайн-ресурсів про виробництво автомобілів і екологічні інновації, участь у вебінарах або лекціях.

8. Зелений дизайн та інновації

Опис: Розробка проектів, які включають зелені інновації та екологічний дизайн автомобілів.

Активності: Створення концепцій для автомобільного дизайну з використанням екологічних матеріалів, впровадження нових технологій для зменшення екологічного сліду.

9. Розробка та впровадження еко-програм

Опис: Розробка та впровадження шкільних або в громадах еко-програм, що стосуються автомобільного транспорту.

Активності: Організація кампаній з підвищення обізнаності про екологічні аспекти автомобілів, участь у громадських заходах або кампаніях, спрямованих на екологічні ініціативи.

10. Обговорення та аналіз реальних випадків

Опис: Розгляд реальних випадків та досліджень з екологічного впливу автомобілів.

Активності: Аналіз досвіду автомобільної галузі, обговорення впливу конкретних моделей автомобілів на екологію, підготовка доповідей або обговорень.

Організація таких практичних занять допомагає учням краще розуміти екологічні проблеми та можливості, пов'язані з автомобільним транспортом. Це також сприяє формуванню відповідального ставлення до навколишнього середовища і розвиває навички вирішення проблем і критичного мислення.

3.3. Методичне забезпечення екологічного навчання

Розглянуті вище підходи реалізації екологічного навчання потребують певного методичного забезпечення. Мною укладено методичні матеріали до трьох практичних занять на такі теми:

1. Вивчення будови та роботи каталітичного нейтралізатора.
2. Вивчення будови та роботи сажових фільтрів дизельних двигунів.
3. Вивчення будови та роботи системи нейтралізації відпрацьованих газів SCR дизельних двигунів.

Також укладено перелік тестових завдань, які можна використати при проведенні оцінювання знань учнів з питань екології автомобіля.

Таблиця 3.1

Планування екологічного навчання і виховання під час вивчення розділів «Охорона праці» та «Будова автомобіля» програми професійного навчання учнів за профілем «Автосправа»

Тема розділу	Зміст екологічних знань	Виховна мета уроку		
		Розвиток ціннісного ставлення до екологічних проблем. Формування екологічних умінь і навичок	Мотиви природоохоронної діяльності	
1	2	3	4	
Тема 1.3. Охорона навколишнього середовища	Загальне знайомство з проблемою “автомобіль і охорона навколишнього середовища”. Приклади негативних явищ, якими супроводжується автомобілізація суспільства. Шкідливі викиди автомобільних двигунів та їх вплив на довкілля. Показники токсичності двигунів. Нормування вмісту шкідливих компонентів у відпрацьованих газах. Норми ЄВРО.	Ознайомлення з фактом існування екологічних проблем, пов’язаних з автомобілем	Пізнавальні	
Тема 2.1. Загальна будова автомобіля	Переваги автомобілів з дизельними двигунами та газобалонними пристроями	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Пізнавальні	
Тема 2.2. Загальна будова і принцип роботи двигуна	Автомобільні двигуни - основні споживачі рідкого палива і забруднювачі атмосфери. Показники економичності і токсичності двигунів	Розкрити вплив теплових двигунів на природу, оцінити його розміри. Підготувати теоретичну базу для формування екологічної культури водія	Пізнавальні, економичні, санітарно - гігієнічні	
Тема 2.3. Кривошипно -шатунний механізм	Вплив форми камери згорання на токсичність двигуна	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Пізнавальні	
Тема 2.4. Механізм газорозподілу	Вплив фаз газорозподілу на економичність і токсичність двигунів. Необхідність регулювання теплового зазору в клапанах. Механізми з автоматичним регулюванням зазору. Багатоклапанні двигуни	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Пізнавальні	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Тема 2.5. Система охолодження.	Вплив температурного стану двигуна на токсичність відпрацьованих газів. Шкідливість охолоджуючих рідин, тосолів і антифризів, для навколишнього середовища. Вентилятори з автоматичним включенням	Підготувати теоретичну базу для свідомого вибору економічного і екологічного режиму експлуатації двигуна. Формувати вміння попереджати потрапляння отруйних речовин в біосферу	Пізнавальні, економічні, санітарно - гігієнічні
Тема 2.6. Мазильна система	Картерні гази як шкідливі компоненти викидів двигуна. Переваги закритих систем вентиляції картера двигуна. Проблема утилізації відпрацьованих моторних оли	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень. Формувати вміння попереджати потрапляння отруйних речовин в біосферу	Пізнавальні, санітарно - гігієнічні
Тема 2.7. Система живлення двигунів	Вплив якісного складу пальної суміші на токсичність відпрацьованих газів. Будова і робота системи живлення з впорскуванням бензину до впускного трубопроводу і безпосереднього впорскування. Будова і робота систем живлення дизелів з високими тисками подачі палива (системи з насос-форсунками, система Common Rail). Система рециркуляції відпрацьованих газів.	Формувати вміння давати екологічну оцінку забрудненням. Формувати переконання в можливості вирішення екологічних проблем. Підготувати теоретичну базу для свідомої особистої участі в зниженні викидів шкідливих речовин автомобілями	Гуманістичні, пізнавальні, санітарно - гігієнічні
Нова тема: Система нейтралізації відпрацьованих газів	Система нейтралізації відпрацьованих газів бензинових двигунів. Будова та робота трикомпонентного каталітичного нейтралізатора. Система нейтралізації відпрацьованих газів дизельних двигунів. Особливості будови каталітичного нейтралізатора дизельних двигунів. Будова та робота сажового фільтра. Способи регенерації сажових фільтрів.	Формувати вміння давати екологічну оцінку забрудненням. Формувати переконання в можливості вирішення екологічних проблем. Підготувати теоретичну базу для свідомої особистої участі в зниженні викидів шкідливих речовин автомобілями	Гуманістичні, пізнавальні, санітарно - гігієнічні

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Тема 2.8. Система запалювання	Вплив потужності іскри і моменту запалювання на повноту згорання палива. Переваги і особливості будови мікропроцесорних систем запалювання та систем із статичним розподілом високої напруги	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Пізнавальні
Тема 2.9. Електрообладнання автомобіля	Запобіжні заходи під час роботи з електrolітом акумуляторної батареї. Призначення, будова та робота системи «старт – стоп». Вплив системи на кількість токсичних викидів.	Формувати вміння попереджати потрапляння отруйних речовин в атмосферу. Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Санітарно – гігієнічні. Пізнавальні
Тема 2.10. Трансмісія автомобіля. Зчеплення	Переваги автоматичної трансмісії. Схема трансмісії з повним відключенням двигуна на токсичних нетягових режимах роботи двигуна. Нові матеріали фрикційних накладок муфт зчеплення	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Пізнавальні
Тема 2.10. Трансмісія автомобіля. Коробка передач. Роздавальна коробка. Коробка відбору потужності Карданна передача. Ведучі мости	Оптимізація передаточних чисел трансмісії як засіб покращення паливної економічності і зниження шкідливих викидів автомобілями	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень	Пізнавальні
Тема 2.11. Ходова частина	Застосування шин з низьким опором коченню. Проблема утилізації спрацьованих шин	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень. Формувати переконання в можливості вирішення екологічних проблем	Пізнавальні
Тема 2.12. Рульове керування	Запобігання проливанню робочої рідини гідропідсилювача. Регулювання кутів (геометрії) встановлення коліс. Вплив «геометрії» коліс на зношування шин та витрату палива.	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень. Формувати вміння попереджати потрапляння отруйних речовин в біосферу	Пізнавальні, санітарно - гігієнічні

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Тема 2.13. Гальмівна система	Нові матеріали гальмових накладок. Запобігання проливанню гальмової рідини	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень. Формувати вміння попереджати потрапляння отруйних речовин в біосферу	Пізнавальні, санітарно - гігієнічні
Тема 2.14. Кузов автомобіля. Додаткове обладнання	Вплив на паливну економічність і кількість шкідливих викидів аеродинаміки автомобіля.	Формувати вміння оцінювати екологічність конструктивних рішень.	Пізнавальні

3.3.1. Практичні роботи

Практична робота на тему «Вивчення будови та роботи каталітичного нейтралізатора»

Мета: вивчити склад відпрацьованих газів автомобільного двигуна та будову і роботу каталітичного нейтралізатора.

Обладнання: вузли та деталі системи, плакати з будови механізмів.

1. Питання для самопідготовки

1. Склад відпрацьованих газів автомобільних двигунів.
2. Норми вмісту шкідливих компонентів у відпрацьованих газах двигунів.
3. Призначення каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів.

2. Теоретичні відомості

Склад відпрацьованих газів

Коли кажуть про склад відпрацьованих газів (далі – ВГ) автомобільних двигунів, то мова в першу чергу йде про вуглець, оксиди азоту, частинки сажі і вуглеводні. Рідше згадують про те, що ці компоненти складають тільки невелику частину загальної маси відпрацьованих газів. Важливо знати частку цих компонентів в загальній масі викидів. Ця частка вказана на рис. 1.

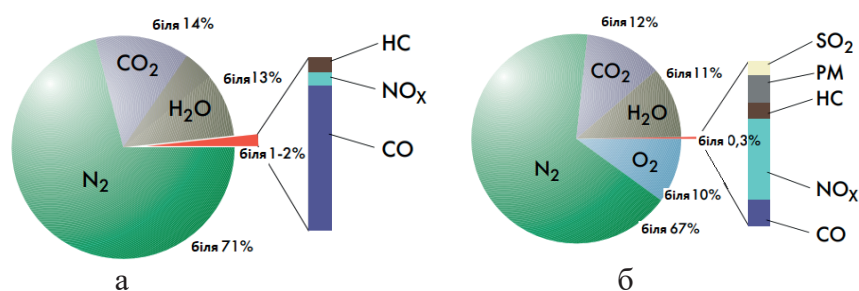


Рис. 1. Склад відпрацьованих газів бензинового (а) та дизельного (б) двигунів [2]: N_2 – азот; O_2 – кисень; H_2O – вода; CO_2 – вуглекислий газ; CO – оксид вуглецю; NO_x – оксид азоту; SO_2 – двоокис сірки; Pb – свинець; HC – вуглеводні; PM – частинки сажі

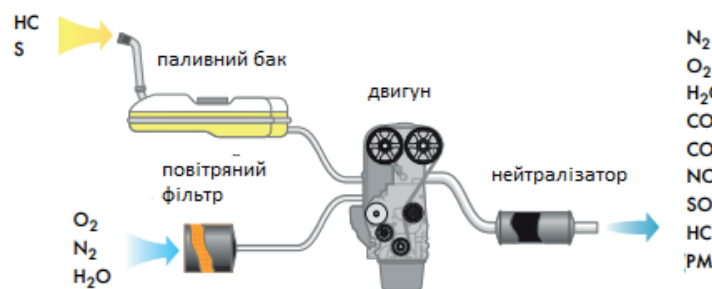


Рис. 2. Речовини, що попадають у двигун і викидаються з нього [2]

Загальну уяву про речовини, що поступають у двигун і викидаються з нього, дає рис. 2.

Перелік та характеристика компонентів відпрацьованих газів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика компонентів відпрацьованих газів

№ з/п	Назва компонента	Характеристика компонента
1	N ₂ – азот	Азот не горить, не має запаху, безбарвний. Входить до складу повітря. У складі повітря поступає в двигун і присутній при згоранні палива. Основна частина азоту, що поступив у двигун, викидається у незмінному стані в складі ВГ. Невелика його кількість вступає в реакцію з киснем, утворюючи оксиди NO _x
2	O ₂ – кисень	Безбарвний газ без запаху і кольору. Важливий компонент повітря. Поступає в двигун разом з азотом.
3	H ₂ O – вода	Частково попадає в двигун у вигляді вологи, що є у повітрі. Також утворюється при згоранні під час прогрівання двигуна.
4	CO ₂ – вуглекислий газ	Безбарвний негорючий газ, що утворюється в результаті згорання палива, яке містить вуглець (бензин, дизельне паливо). При цьому вуглець взаємодіє з киснем, що поступає в двигун. Впливає на стан атмосфери, а саме зменшує товщину шару атмосфери, що захищає Землю від ультрафіолетового випромінювання Сонця.
5	CO – оксид вуглецю	Виникає під час неповного згорання палива, що містить вуглець. Безбарвний і без запаху. Вибухонебезпечний і дуже ядовитий. Може викликати смерть людини при відносно малій концентрації в повітрі. При малих концентраціях в навколишньому повітрі досить швидко окислюється до вуглекислого газу CO ₂
6	NO _x – оксид азоту	Сполуки азоту N ₂ і кисню O ₂ (NO, NO ₂ , N ₂ O ₄ та інші). Утворюються під час горіння в двигуні під дією високої температури і тиску та при наявності надлишку кисню. Деякі оксиди азоту токсичні. Заходи на зниження витрати палива у деяких випадках викликають збільшення викидів оксидів азоту. Це зумовлено тим, що підвищення ефективності згорання палива супроводжується ростом температури.
7	SO ₂ – двоокис сірки	Безбарвний негорючий газ з різким запахом. Викликає захворювання шляхів дихання. Концентрація у ВГ дуже мала. Зменшення викидів досягається зменшенням вмісту сірки в паливі.
8	Pb – свинець	В останній час у ВГ відсутній, оскільки не використовуються етильовані бензини. Сучасні антидетонаційні присадки не містять свинцю.
9	HC – вуглеводні	Появляються у ВГ через неповне згорання вуглеводнів, що містяться у паливі. Проявляються у різних формах (C ₆ H ₆ , C ₈ H ₁₈ , тощо). Дія на організм людини також різна (деякі подразнюють органи чуття, інші викликають розвиток злоякісних пухлин).

10	PM – частинки сажі	Частинки сажі викидаються головним чином дизельними двигунами. РМ англійською <i>particulate matter</i> . Складаються з ядра та осілих на ньому різних компонентів (вуглеводні, сірка і її сполуки, вода).
----	--------------------	--

Дія токсичних компонентів відпрацьованих газів на людський організм різна. Малі концентрації токсичних речовин викликають подразнення слизової оболонки, нудоту, головокружіння, великі – серйозні порушення функцій організму та навіть смерть. Після обмеженої за часом і інтенсивністю дії більшості токсичних речовин організм здатний відновити свої функції. Вийняток складають з'єднання свинцю і високомолекулярні поліциклічні вуглеводні (найбільш активний бензопірен), які накопичуються в організмі і стимулюють розвиток злоякісних пухлин. Про ступінь дії токсичних речовин на організм людини можна судити за гранично допустимими концентраціями цих речовин в атмосфері (таблиця 2).

Таблиця 2. Гранично допустимі концентрації токсичних речовин

Речовина	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		
	У повітрі робочої зони	Середньодобова в атмосфері населених пунктів	Максимальна разова
Оксид вуглецю	20,0	3,0	5,0
Окисли азоту	2,0	0,04	0,085
Вуглеводні	–	1,5	5,0
Бензин	100	–	–
Окисли сірки	10,0	0,05	0,5
Свинець	0,01	0,0003	–
Бензопірен	0,000015	0,000001	–

Показники токсичності автомобільних двигунів

Концентрація токсичних речовин у відпрацьованих газах. Високі концентрації компонентів оцінюють у процентах за об'ємом (% об), малі – у мг/л, (г/м³), або кількістю частинок на мільйон (млн⁻¹). Але концентрація токсичних компонентів у відпрацьованих газах ще не дає повної характеристики токсичності двигуна. Так, концентрація оксиду вуглецю на режимі холостого ходу, як правило, найбільша, хоча загальна кількість відпрацьованих газів невелика.

Викиди i-го компонента двигуном визначаються з урахуванням кількості відпрацьованих газів, що виділяються за одиницю часу

$$G_i = C_i Q_{\text{вг}}, \text{ г/год},$$

де C_i – концентрація i-го компонента, г/м³; $Q_{\text{вг}}$ – кількість відпрацьованих газів, м³/год.

Питомі викиди токсичних компонентів

$$q_i = G_i / N_e, \text{ г/кВт год},$$

де N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Викиди за пробіг оцінюють кількість викидів двигуна за одиницю пробігу

$$Q_i = G_i / V_a, \text{ г/км},$$

де V_a – швидкість руху автомобіля, км/год.

Нормування вмісту шкідливих компонентів у відпрацьованих газах

Перші юридичні документи, які обмежують допустиму концентрацію шкідливих компонентів у відпрацьованих газах, що викидаються в атмосферу двигунами, були розроблені в 1959 р. у США на основі каліфорнійського досвіду і поширювалися на легкові автомобілі. Починаючи з 1969 р., у європейських країнах також почали вводити закони, що обмежують токсичність відпрацьованих газів.

Норми, прийняті в різних країнах, відрізняються умовами, для яких встановлюються граничні викиди токсичних компонентів, а також допустимими величинами викиду окремих компонентів. Кількість викидів залежить від способу керування автомобілем і умов руху. Для перевірки токсичності відпрацьованих газів розроблені так звані випробувальні цикли, які відтворюють середні режими руху автомобіля. Це дозволяє контролювати і порівнювати викиди відпрацьованих газів різних типів автомобілів.

У таблиці 3 наведено норми токсичності відпрацьованих газів, встановлені Європейським співтовариством для бензинових та дизельних двигунів.

Таблиця 3. Норми викидів для легкових автомобілів (категорія М1) [4]

Екологічний стандарт	Оксид вуглецю (CO)	Вуглеводні CH	Леткі органічні речовини	Оксид азоту (NO _x)	HC+NO _x	Зважені частинки (PM)
Дизельні двигуни						
Євро-1, 07,1992	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Євро-2, 01,1996	1,00	-	-	-	0,7	0,08
Євро-3, 01,2000	0,64	-	-	0,50	0,56	0,05
Євро-4, 01,2005	0,50	-	-	0,25	0,30	0,025
Євро-5, 09,2009	0,50	-	-	0,18	0,23	0,005
Євро-6, 09,2014	0,50	-	-	0,08	0,17	0,005
Бензинові двигуни						
Євро-1, 07,1992	2,72 (3,16)	-	-	-	0,97 (1,13)	-
Євро-2, 01,1996	2,2	-	-	-	0,50	-
Євро-3, 01,2000	2,3	0,2	-	0,15	-	-
Євро-4, 01,2005	1,0	0,1	-	0,08	-	-
Євро-5, 09,2009	1,0	0,1	0,068	0,06	-	0,005
Євро-6, 09,2014	1,0	0,1	0,068	0,06	-	0,005

Каталітичний нейтралізатор

Одним з основних методів, що забезпечує ефективне зменшення викидів шкідливих речовин, є фізико-хімічна обробка відпрацьованих газів. Найбільш поширеними сьогодні є трикомпонентні каталітичні нейтралізатори, що дозволяють нейтралізувати три основні токсичні компоненти – оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту. Їх позначають аббревіатурою TWC (з англійської *three-way catalytic converters* – трикомпонентний каталітичний нейтралізатор). Каталітична дія нейтралізаторів ґрунтується на безполуменовому поверхневому окисленні токсичних речовин у присутності каталізатора, що прискорює хімічну реакцію. Процес окислення проходить під час проходження відпрацьованих газів через шар носія з нанесеним на нього каталізатором.

Перші серійні нейтралізатори в Європі почали застосовуватися на автомобілях у 1985 році. Трикомпонентний нейтралізатор дозволяє зменшити кількість шкідливих викидів на 90%.

Розміщення каталітичного нейтралізатора на автомобілі показано на рис. 3.

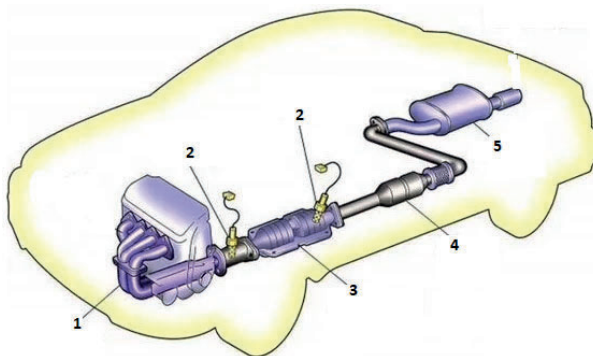


Рис. 3. Розміщення каталітичного нейтралізатора на автомобілі:
1 – випускний трубопровід; 2 – датчик концентрації кисню (λ – зонд);
3 – нейтралізатор; 4 – резонатор; 5 – глушник

Каталітичний нейтралізатор для бензинових двигунів (рис. 3) складається з крихітних стільникоподібних каналів, розташованих паралельно один до одного в керамічній матриці з жаростійкого магнійалюмінієвого силікату. На один квадратний сантиметр перерізу припадає приблизно 65 таких каналів. Їхні стінки вкриті шаром оксиду алюмінію, що має активну поверхню, на якій і відбуваються хімічні реакції. Площа поверхні каналів сягає 10000 м². Очищувальна поверхня містить також покриття з дорогоцінних металів (платина або її сплав з іридієм, родій та/або паладій). Покриття важить від 2,5 до 3 грамів, це безпосередній каталізатор, який сприяє перетворенню газів. Збагатившись киснем (процес окислення), токсичні оксиди вуглецю і вуглеводні перетворюються у нетоксичні вуглекислий газ і водяну пару.

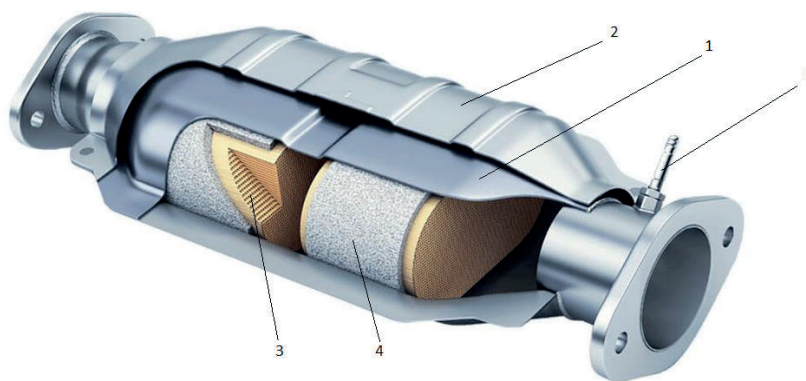


Рис. 3. Двошаровий трикомпонентний каталітичний нейтралізатор [2]:
1 – корпус; 2 – теплоізоляційний екран; 3 – монолітний блок-носій (матриця);
4 – теплоізоляція; 5 – датчик концентрації кисню (λ – зонд)

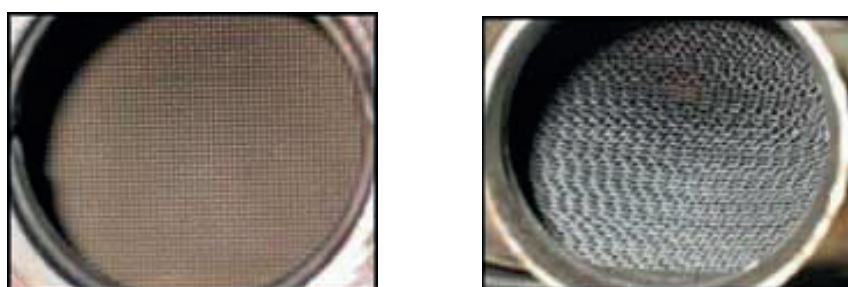


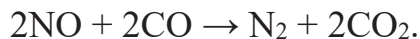
Рис. 4. Керамічна та металева матриці нейтралізатора

Перш ніж нейтралізувати оксиди азоту, необхідно знизити ступінь їх окислення, для чого потрібен допоміжний реагент. Конструктори розв'язали цю проблему, використовуючи одну з хімічних особливостей оксиду вуглецю, що міститься у відпрацьованих газах. Проходячи крізь ґратки, вкриті каталізатором, він реагує з оксидом азоту, при цьому утворюється азот – фактично нешкідливий газ, і вивільняється кисень, необхідний для окислення вуглеводнів.

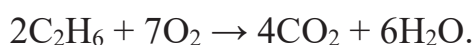
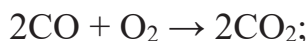
В каталітичному перетворювачі типу TWC для нейтралізації трьох видів шкідливих речовин міститься два різних типи каталізаторів: відновлювальний та окиснювальний.

У відновлювальному каталізаторі протікає перший етап каталітичного перетворення. Тут використовується платина і родій щоб зменшити викиди NO_x . Коли молекула NO чи NO_2 зустрічається з молекулами каталізатора, від неї відокремлюється атом азоту, вивільняючи кисень. Атоми азоту утворюють

газ азот – N_2 . CO може взаємодіяти з вивільненим киснем з утворенням вуглекислого газу.



У окиснювальному каталізаторі протікає другий етап каталітичного перетворення. На ньому зменшується кількість недогорілого палива та окису вуглецю в результаті їх спалення (окиснення) з допомогою таких каталізаторів, як платина та паладій. Цей каталізатор також допомагає CO вступити у реакцію з недогорілим киснем з утворенням вуглекислого газу CO_2 .



Однак нейтралізація вихлопу відбувається з максимальною ефективністю лише за умови, що суміш, яка згоряє у циліндрах, є нормальною (на 1 кг палива припадає 14,7 кг повітря). Якість пальної суміші характеризується коефіцієнтом надміру повітря, який технічні експерти позначають грецькою літерою λ (лямбда). Для нормальної суміші $\lambda=1$. Якщо повітря в суміші надто мало (тобто мало кисню), тоді CH і CO не повністю окислюються (згорають). Якщо ж повітря надто багато, то не забезпечується розклад NO_x на кисень і азот. Тому на новому поколінні двигунів склад пальної суміші регулюється постійно для отримання точної відповідності коефіцієнта надміру повітря значенню $\lambda=1$.

Для контролю за складом пальної суміші в систему нейтралізації вводять датчик концентрації кисню, який ще називають лямбда-зонд. Він розташований у випускній системі і заміряє вміст кисню у відпрацьованих газах. Разом з двигуном і його паливною системою лямбда-зонд утворює замкнене контрольне коло. Інформація про зміну складу відпрацьованих газів надходить від лямбда-зонду в електронний блок системи живлення, який відповідно змінює кількість палива у пальній суміші.

Якщо у системі встановлено два датчики концентрації кисню, то перший встановлений перед автомобільним каталізатором, тобто ближче до двигуна. Цей датчик подає сигнали електронному блоку керування двигуном,

який зменшує або збільшує вміст кисню у відпрацьованих газах за рахунок регулювання кількості поданого палива. Другий датчик встановлюється після каталітичного нейтралізатора і забезпечує контроль ефективності його роботи. Така конструкція підтримує роботу двигуна на стехіометричній (співвідношення палива і повітря 1:14,7) за складом паливній суміші та забезпечує кількість кисню у відпрацьованих газах на потрібному для роботи окиснювального каталізатора рівні.

Каталітичний нейтралізатор для дизеля також складається з керамічної матриці, комірчаста структура якої відповідає особливостям умов його експлуатації (наявність недоокислених частинок вуглецю – сажі). З метою зниження опору потокові газів число комірок на 1 см² зменшено, порівняно з бензиновими нейтралізаторами, з 65 до 50. Відповідно зросла площа їх поперечного перерізу.

3. Завдання на практичну роботу

3.1. Вивчити склад відпрацьованих газів автомобільного двигуна та характеристику його компонентів.

3.2. Ознайомитися з допустимими нормами викидів шкідливих компонентів для легкових автомобілів у стандартах Євро.

3.3. Вивчити будову та роботу трикомпонентного каталітичного нейтралізатора.

4. Завдання для звіту

4.1. Навести схему розміщення каталітичного нейтралізатора у випускній системі автомобіля.

4.2. Описати роботу трикомпонентного каталітичного нейтралізатора.

5. Запитання для самоконтролю

5.1. Перелічіть шкідливі компоненти відпрацьованих газів автомобільного двигуна.

5.2. Вміст яких шкідливих компонентів у відпрацьованих газах нормується стандартами Євро?

5.3. Яке призначення каталітичного нейтралізатора?

- 5.4. Які речовини використовують у якості каталізаторів?
- 5.5. Опишіть будову каталітичного нейтралізатора.
- 5.6. Опишіть процеси, які протікають у каталітичному нейтралізаторі.
- 5.7. Які відмінності у будові каталітичних нейтралізаторів бензинових та дизельних двигунів.

Література

1. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
2. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
3. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.

Практична робота на тему «Вивчення будови та роботи сажових фільтрів дизельних двигунів»

Мета: вивчити призначення, будову та роботу сажових фільтрів дизельних двигунів.

Обладнання: вузли та деталі системи, плакати з будови механізмів.

1. Питання для самопідготовки

1. Тверді частинки у відпрацьованих газах дизельних двигунів.
2. Призначення сажового фільтра.
3. Що впливає на кількість сажі яка утворюється при згорянні палива.
4. Загальна будова сажового фільтра.

2. Теоретичні відомості

Для очищення відпрацьованих газів дизельних двигунів використовуються каталізатори і сажові фільтри. Каталізатор і сажовий фільтр встановлюються на всіх сучасних автомобілях, оснащених дизелями. Дуже часто каталізатор і сажовий фільтр поміщені в єдиному блоці, але всередині нього розташовуються послідовно, спочатку каталізатор, а потім сажовловлювач.

Чинні сьогодні норми Євро щодо вмісту шкідливих компонентів у відпрацьованих газах обов'язково нормують вміст у них твердих частинок РМ (англійською *particulate matter*).

Під поняття «частинки» підпадають тверді або рідкі утворення, що мають невеликі розміри. Вони можуть утворюватися в результаті зносу деталей, подрібнення і ерозії матеріалів, а також конденсації рідин. Зокрема вони утворюються при неповному згорянні палива і оливи. У названих вище випадках утворюються частинки різної форми, величини і структури.

Частинки відносять до шкідливих речовин, оскільки зважаючи на малі розміри вони переміщаються разом з газами і при попаданні в організм людини можуть завдати йому шкоди.

При згорянні палива в дизелі утворюються частинки сажі (рис. 1). Це мікроскопічні вуглецеві частинки діаметром приблизно 0,05 мкм. Ядро частинки складається з чистого вуглецю, а на ній адсорбуються різні вуглеводневі сполуки, оксиди металів і сірка. Передбачається, що деякі вуглеводневі з'єднання небезпечні для здоров'я людини. Конкретний склад часток сажі залежить від використаного в двигуні робочого процесу, режимів його роботи і складу палива.

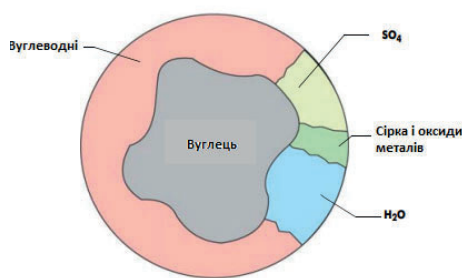


Рис. 1. Склад частинки сажі [9]

Утворення сажі в дизелі залежить від ряду процесів, що визначають згоряння палива. Це процеси підведення повітря, впорскування палива і поширення полум'я. Якість згоряння палива визначається значною мірою процесом утворення пальної суміші. Через нестачу кисню в деяких зонах камери згоряння утворюється занадто багата суміш, згоряння якої не може бути повним і супроводжується утворенням часток сажі.

Число і маса часток залежать в принципі від якості процесів сумішеутворення, що протікають в двигуні, і горіння.

Паливна система з насос-форсунками забезпечує впорскування палива під дуже високим тиском і з відповідним вимогам двигуна протіканням подання за часом. Завдяки цьому створюються умови для підвищення ефективності процесу згоряння і зниження утворення часток сажі. Проте, високі тиски впорскування і відповідне їм підвищена дрібність розпилювання палива не можуть забезпечити достатнє подрібнення часток сажі. Виміри розмірів цих часток показали, що їх розподіл за величиною практично не залежить від способу сумішеутворення, оскільки воно дуже близьке у двигунів з вихровою камерою згоряння і у двигунів з безпосереднім впорскуванням за допомогою системи Common Rail або насос-форсунок.

Викиди в атмосферу часток сажі, що утворилися при згорянні палива, можуть бути зменшені проведенням заходів з очищення відпрацьованих газів після їх випуску з циліндрів двигуна. При цьому мають на увазі передусім систему фільтрації, здатну затримувати частинки сажі.

За будовою сажовий фільтр нагадує каталітичний нейтралізатор відпрацьованих газів і являє собою розміщений усередині металевго корпусу блок з кераміки або металокераміки (рис. 2). Блок пронизаний безліччю тонких каналів, якими вихлопні гази циркулюють. Однак якщо під час руху продуктів згоряння каталізатором відбуваються хімічні реакції перетворення токсичних елементів чадного газу, вуглеводнів та оксидів азоту на нешкідливі сполуки, то сажовий фільтр призначений для вловлювання частинок сажі.



Рис. 2. Сажовий фільтр у розрізі

По суті, сажовий фільтр виконує функцію накопичувача, а це значить, що через якийсь час його потрібно очищати від скупченої сажі, що заважає потоку вихлопних газів. На рис. 3 показано чистий та забруднений сажові фільтри.



а



б

Рис. 3. Чистий (а) та забруднений (б) сажові фільтри

Існує два типи сажових фільтрів, які відрізняються між собою не принципом дії, а методами процедури регенерації. Такі сажовловлювачі мають відповідні назви DPF (diesel particulate filter), а також FAP (Filtre a Particules). Останній варіант французькою мовою, оскільки цей стандарт використовується на автомобілях французьких виробників.

Різниця процедури регенерації в цих типах сажових фільтрів виглядає наступним чином:

- DPF – під час регенерації у вихлопну систему подається дизельне паливо безпосередньо, загоряється там і створює підвищену температуру в сажовловлювачі. У результаті тверді сажові частинки догорають у каналах, і вони очищаються. Для успішної регенерації необхідне створення температури у фільтрі близько 700-800°C;

- FAP - до стандартної процедури регенерації додається спеціальна рідина, що впорскується у вихлопну систему і носить назву Eolys. З її допомогою вдається досягти очищення фільтра за істотно нижчих температур, близько 400-450°C.

Недоліком першого методу є необхідність істотного збільшення температури вихлопної системи, що погано позначається на довговічності турбіни і двигуна.

Недоліком методу регенерації в FAP фільтрах є необхідність стежити за рівнем рідини Eolys в спеціальному бачку, а також додавати її туди періодично.

Розрізняють два види регенерації сажових фільтрів: із застосуванням присадок до дизельного палива і із застосуванням каталітичного покриття фільтрувального елементу.

Система очищення газів із застосуванням присадок до дизельного палива (рис. 4). Ця система знаходить застосування на автомобілях, у яких сажовий фільтр знаходиться на відносно великій відстані від двигуна. В цьому випадку температура відпрацьованих газів на вході у фільтр недостатня для випалювання сажі в нім, тому застосовують присадки до палива, які знижують температуру займання сажі до необхідного рівня.

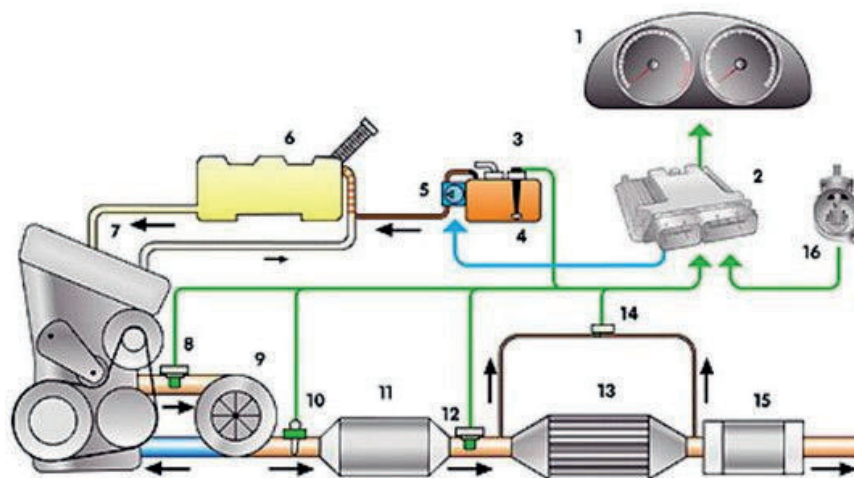


Рис. 4. Система з сажовим фільтром з введенням присадок до палива [9]:
 1 – панель приладів; 2 – блок керування двигуном; 3 – бачок зберігання присадок; 4 – датчик рівня присадок в бачку; 5 – електронасос; 6 – паливний бак; 7 – дизельний двигун; 8 – датчик температури відпрацьованих газів перед турбокомпресором; 9 – турбокомпресор;
 10 – кисневий датчик; 11 – каталітичний нейтралізатор; 12 – датчик температури відпрацьованих газів перед сажовим фільтром; 13 – сажовий фільтр; 14 – датчик перепаду тиску в сажовому фільтрі; 15 – глушник; 16 – витратомір повітря

Система очищення газів з сажовим фільтром, що має каталітичне покриття (рис. 5). Ця система застосовується на автомобілях з сажовим фільтром, розташованим близько від двигуна. В цьому випадку температура

газів на короткому шляху до фільтра залишається досить високою для спалювання сажі.

Нижче приведений опис будови і принципу дії сажового фільтра з каталітичним покриттям.

Сажовий фільтр з каталітичним покриттям встановлюється після турбокомпресора у безпосередній близькості від двигуна (рис. 5). В даному випадку застосовується сажовий фільтр з каталітичним покриттям, який конструктивно об'єднаний з нейтралізатором окислювального типу. Агрегат виконує функції як фільтра, так і нейтралізатора, і має загальний корпус (рис. 6).

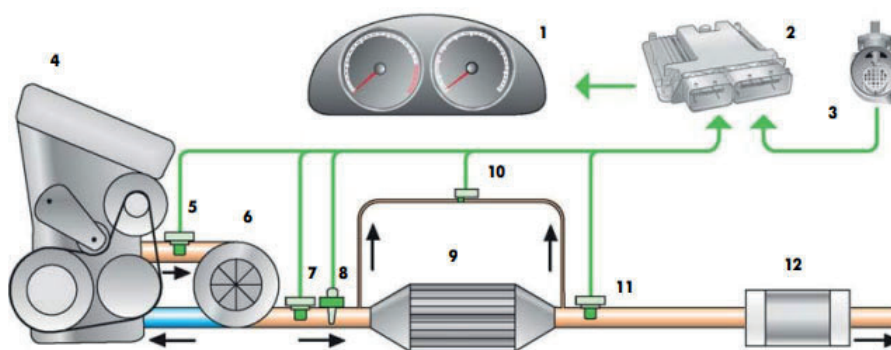


Рис. 5. Система очищення газів з фільтром, що має каталітичне покриття [9]:
 1 - блок керування в комбінації приладів; 2 - блок керування двигуном; 3 - витратомір повітря; 4 – дизельний двигун; 5 - датчик температури перед турбокомпресором; 6 – турбокомпресор; 7 - датчик температури перед сажовим фільтром; 8 - датчик кисню; 9 - сажовий фільтр з каталізатором; 10 - датчик перепаду тиску на сажовому фільтрі; 11 - датчик температури після сажового фільтра; 12 – глушник

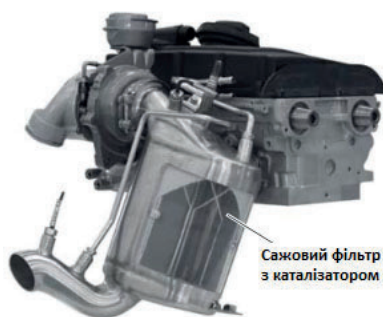


Рис. 6. Сажовий фільтр з каталізатором [9]

Сажовий фільтр затримує ті частинки сажі, що містяться у ВГ. Функція нейтралізатора полягає в окисленні вуглеводнів (НС) і оксиду вуглецю (СО) до води (H_2O) і діоксиду вуглецю (CO_2).

Матриця сажового фільтра являє собою комірчасту структуру з кераміки на базі карбіду кремнію (рис. 7). Керамічна матриця поміщена в металевий корпус. Вона пронизана множиною паралельно розміщених каналів малого перерізу, закритих поперемінно з однієї або іншої сторони. Тому розрізняють впускні і випускні канали, розділені між собою фільтрувальними стінками.

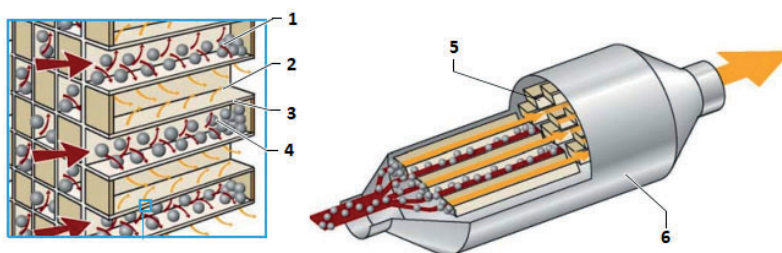


Рис. 7. Будова сажового фільтра [9]:

1 – частинки сажі; 2 – випускний канал; 3 – фільтруюча стінка; 4 – впускний канал; 5 – гратчаста керамічна матриця; 6 – металевий корпус

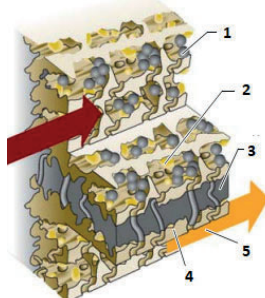


Рис. 8. Структура фільтруючого шару [9]:

1 – частинки сажі у впускному каналі; 2 – платина у якості каталізатора; 3 – матриця з карбіду кремнію; 4 – підкладка (оксид алюмінію, оксид церію); 5 – випускний канал

Фільтрувальні стінки складаються з пористого карбіду кремнію (рис. 8). Вони покриті сумішшю оксидів алюмінію і оксидів церію, що виконують функцію підкладки для каталізатора, у якості якого використовується благородний метал – платина. Каталізатор – це речовина, яка сприяє протіканню хімічної реакції, але сама при цьому не змінюється і нових сполук не утворює.

Оскільки канали фільтра закриті поперемінно з боку впускання і випуску, частинки сажі вимушені проходити через пористі стінки з карбіду кремнію.

При цьому частинки сажі затримуються у впускних каналах, а газ вільно проходить через пори стінок каналів.

Сажовий фільтр має бути відносно довгим, щоб забезпечити уловлювання досить великої кількості сажі. Окрім цього він повинен містити достатню для забезпечення каталітичної дії кількість платини. Каталітичне покриття розподілене по довжині фільтра не рівномірно, а по зонах. У передній зоні платини значно більше, ніж в задній зоні. Нерівномірний розподіл платини по зонах має наступні переваги:

- при роботі двигуна на звичайних режимах передня частина фільтра сажі нагрівається швидше, ніж його задня частина. Тому відносно велика кількість платини в цій зоні сприяє прискоренню її каталітичної дії. При цьому говорять про хороші пускові якості фільтра сажі;
- в процесі регенерації вигорання сажі супроводжується сильним нагрівом задньої частини фільтра. Але високі температури призводять до поступового руйнування шару платини. Тому можна заощадити на дорогій платині, знижуючи товщину покриття в задній зоні фільтра;
- з іншого боку зменшення кількості платини в задній зоні обґрунтоване процесами старіння фільтра. В процесі експлуатації автомобіля в задній частині фільтра накопичується більше відкладень, що більше знижує каталітичну дію платини, ніж в його передній частині

Регенерація фільтра

Щоб запобігти надмірному підвищенню опору фільтра і зниженню його роботоздатності, необхідно час від часу звільняти його від сажі. В процесі регенерації накопичені у фільтрі частинки сажі випалюються (окислюються). Розрізняють активну і пасивну регенерацію фільтра сажі з каталітичним покриттям. Для водія процес регенерації протікає непомітно.

Пасивна регенерація

При пасивній регенерації випалювання сажі робиться безперервно і без спеціального втручання в керування двигуном. При розташуванні фільтра сажі поблизу від двигуна температура газів, що поступають в нього, може досягати,

наприклад, при русі на автомагістралі близько 350-500°C. При цьому протікають реакції, в результаті яких частинки сажі взаємодіють з діоксидом азоту і перетворюються на діоксид вуглецю. Цей багатоступінчастий процес протікає безперервно над шаром платини, яка виконує роль каталізатора.

Оксиди азоту (NO_x), що містяться в ВГ реагують у присутності платини з киснем, утворюючи діоксид азоту (NO_2). NO_x і O_2 утворюють NO_2 . Діоксид азоту (NO_2) реагує з вуглецем (C) часток сажі. В результаті виходять окис вуглецю (CO) і окис азоту (NO). NO_2 і C утворюють CO та NO. Окис вуглецю (CO) і окис азоту (NO) реагують з киснем (O_2), утворюючи діоксид азоту (NO_2) і діоксид вуглецю (CO_2). CO, NO і O_2 утворюють NO_2 і CO_2 .

Активна регенерація

При активній регенерації частинки сажі випалюються в умовах високих температур, що отримуються в результаті спрямованого керування двигуном. Для експлуатації автомобіля в місті характерні невеликі навантаження двигуна, а невисокі температури ВГ, що їм відповідають, не забезпечують пасивну регенерацію фільтра сажі. При цьому частинки сажі не видаляються з фільтра і забивають його канали. При скупченні у фільтрі певної кількості сажі запускається процес його активної регенерації, що протікає по командах системи керування двигуном. Процес активної регенерації триває приблизно 10 хвилин. При цьому температура ВГ підвищується до 600-650°C, що достатньо для окислення сажі до діоксиду вуглецю.

При активній регенерації частинки сажі згорають завдяки високій температурі ВГ. При цьому частинки сажі (вуглець) з'єднується з киснем, утворюючи діоксид вуглецю. C і O_2 утворюють CO_2 .

Принцип дії фільтра при активній регенерації

Частинки сажі скупчуються у впускних каналах. Необхідність в проведенні активної регенерації визначається блоком керування двигуном по сигналах, що поступають з витратоміру повітря, датчиків температури ВГ перед і після фільтром сажі, а також датчика перепаду тиску на ньому.

Функції системи керування двигуном при проведенні активної регенерації

Ступінь заповнення фільтра сажею визначається блоком керування за його газодинамічним опором. Високий опір фільтра є ознакою накопичення в ній гранично допустимої кількості сажі, тому блок керування двигуном запускає процес активної регенерації. При цьому виконуються наступні функції:

- припиняється рециркуляція ВГ, щоб підвищити температури згоряння палива;
- щоб підвищити температуру ВГ, робиться додаткове уприскування палива, що подається після основної дози, а саме, при повороті колінчастого вала на 35° після ВМТ;
- подання повітря в двигун знижується за допомогою регульованої дросельної заслінки з електроприводом;
- тиск наддуву підтримується на рівні, при якому водій не може помітити переведення двигуна на режим рециркуляції.

Ці заходи дозволяють короткочасно підвищити температуру ВГ до 600-650°C. При цих значеннях температури сажа, що скупчилася у фільтрі, окислюється до діоксиду вуглецю. Після проведення активної регенерації повністю відновлюється здатність фільтра затримувати сажу, що міститься в ВГ.

Ступінь заповнення фільтра сажею

Блок керування двигуном постійно контролює міру заповнення фільтра сажею, розраховуючи його газодинамічний опір. При цьому об'ємна витрата газів співвідноситься з перепадом тиску на фільтрі сажі.

Перепад тиску на фільтрі сажі визначається за допомогою диференціального датчика тиску.

Об'ємна витрата ВГ розраховується блоком керування двигуном по величинах масової витрати повітря на вході в двигун і температури ВГ перед фільтром. Масова витрата ВГ практично дорівнює масовій витраті повітря, яке визначається за допомогою витратоміра. Об'ємна витрата ВГ залежить, проте, від температури. Остання визначається за допомогою датчиків температури до і після сажового фільтра. Отримуючи дані про температуру ВГ, блок керування

двигуном може розрахувати об'ємну витрату ВГ за величиною масової витрати повітря.

Блок керування двигуном визначає газодинамічний опір сажового фільтра по відношенню перепаду тиску до об'ємної витрати ВГ. А газодинамічний опір фільтра є мірою його заповнення сажею.

За екстремальних умов руху в місті з навантаженням двигуна, що різко міняється, і частим рухом накатом необхідно застосовувати особливі заходи для регенерації фільтра. Оскільки при русі накатом паливо в циліндри двигуна зазвичай не упорскується, температура ВГ не піднімається до необхідного для регенерації фільтра рівня.

Тому для проведення регенерації фільтра при русі автомобіля накатом упорскують невеликі дози палива, а саме при повороті колінчастого вала на 35° після ВМТ. Зважаючи на відсутність основної дози палива, впорскуваного при положенні поршня поблизу ВМТ, паливо, що поступило в циліндри двигуна на такті розширення не згорає, а випаровується. Пари палива, що утворилися таким чином, згорають у сажовому фільтрі, а тепло, що виділяється при цьому, забезпечує підвищення температури ВГ до необхідного для його регенерації рівня. Дози палива, потрібного для регенерації фільтра, регулюються за сигналами датчика температури ВГ, встановленого після сажового фільтра.

У деяких системах регенерації сажового фільтра застосовують впорскування порції дизельного палива у випускний трубопровід (рис. 9).

Додаткова порція палива згорає у випускному трубопроводі, розігріваючи тим самим відпрацьовані гази до температури, необхідної для вигорання сажі. Щойно сажа вигорить, про що знову-таки засвідчить зміна тиску на вході та виході сажового фільтра, двигун повертається до звичайного режиму роботи.

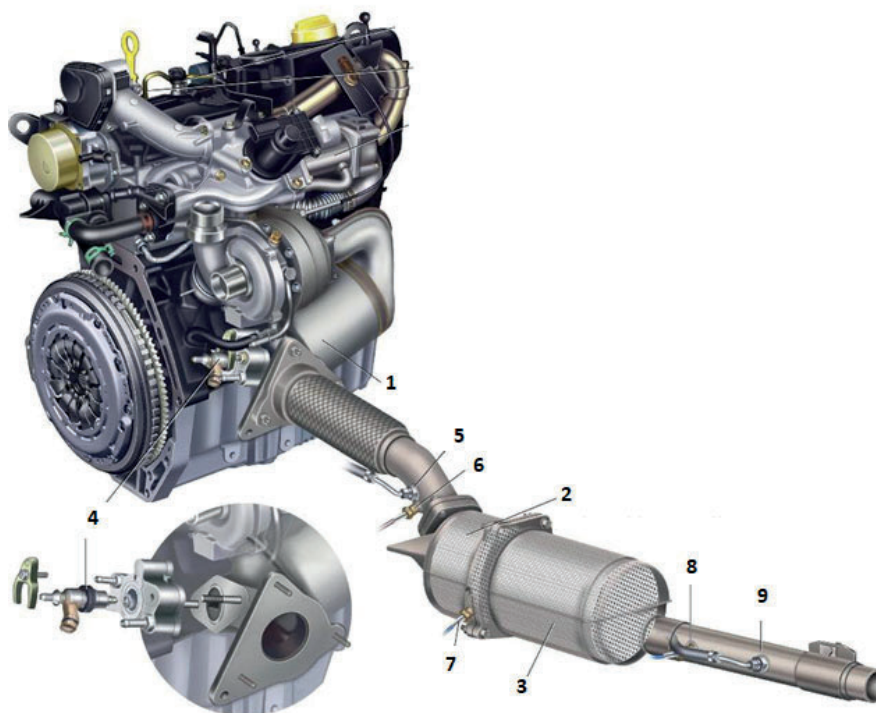


Рис. 9. Система регенерації сажевого фільтра з впорскуванням палива до випускної системи:
 1 – первинний каталізатор; 2 – вторинний каталізатор; 3 – сажевий фільтр; 4 – форсунка регенерації фільтра; 5 – трубка відбору тиску перед сажевим фільтром; 6, 7, 8 – датчик температури відпрацьованих газів; 9 – трубка відбору тиску після сажевого фільтра

3. Завдання на практичну роботу

- 3.1. Вивчити будову сажевого фільтра та визначити його місце встановлення у випускній системі.
- 3.2. Вивчити існуючі процедури регенерації сажевих фільтрів.
- 3.3. Вивчити будову та роботу сажевого фільтра з каталітичним покриттям.
- 3.4. Вивчити способи регенерації сажевого фільтра.

4. Завдання для звіту

- 4.1. Виконати схему очищення газів з сажевим фільтром, що має каталітичне покриття.
- 4.2. Описати способи регенерації сажевого фільтра.

5. Запитання для самоконтролю

- 5.1. Яка будова твердих частинок викидів дизельного двигуна.
- 5.2. Яке призначення сажевого фільтра?
- 5.3. Які існують процедури регенерації сажевих фільтрів?

5.4. Опишіть роботу сажового фільтра з каталітичним покриттям.

5.5. Опишіть пасивну схему регенерації сажового фільтра.

5.6. Опишіть активну схему регенерації сажового фільтра.

Література

1. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
2. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
3. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.

Практична робота на тему «Вивчення будови та роботи системи нейтралізації відпрацьованих газів SCR дизельних двигунів»

Мета: вивчити призначення, будову та роботу системи нейтралізації відпрацьованих газів SCR дизельних двигунів.

Обладнання: вузли та деталі системи, плакати з будови механізмів.

1. Питання для самопідготовки

1. Способи зменшення викидів оксидів азоту автомобільними двигунами.
2. Будова та призначення системи рециркуляції відпрацьованих газів.
3. Призначення каталітичного нейтралізатора.

2. Теоретичні відомості

Новою системою нейтралізації відпрацьованих газів є система SCR [10]. Скорочення SCR означає Selective Catalytic Reduction (вибіркове каталітичне відновлення). Вона призначена для зниження рівня оксидів азоту, що містяться у відпрацьованих газах. У цій технології хімічна реакція відновлення (нейтралізації) відбувається вибірково. Це означає, що у складі відпрацьованих газів цілеспрямовано знижується тільки вміст оксидів азоту.

Оксиди азоту (NO_x), що містяться у відпрацьованих газах, у відновлювальному каталізаторі перетворюються на азот (N_2) і воду (H_2O). Для цього в потік відпрацьованих газів перед каталізатором безперервно

впорскується відновник (сечовина). Сечовина міститься в окремому додатковому баку.

Перш ніж каталізатор системи SCR почне нейтралізувати оксиди азоту, для зменшення їхнього викиду може застосовується низка різних технічних рішень. Зниження викидів можна забезпечити за рахунок певних заходів всередині двигуна. Ефективна оптимізація процесу згоряння повинна забезпечити мінімум шкідливих речовин або їхню повну відсутність. До таких заходів належать:

- відповідне конструктивне виконання впускного і випускного трубопроводів, яке забезпечує оптимальні умови протікання потоку газів;
- застосування високих тисків впорскування палива для хорошого сумішоутворення;
- удосконалення конструкції камери згоряння, наприклад виконання порожнини камери згоряння в поршні, та зниження ступеня стиснення.

На вміст оксидів азоту суттєво впливає рециркуляція ВГ. При рециркуляції частина відпрацьованих газів повторно повертається в процес згоряння палива. При цьому частка кисню в паливоповітряній суміші зменшується, що призводить до зменшення швидкості горіння. У результаті знижується максимальна температура згоряння і зменшуються викиди оксидів азоту.

Для ще більш ефективного зниження рівня оксидів азоту під час рециркуляції ВГ їх пропускають через радіатор. Завдяки цьому температура згоряння додатково знижується і більша кількість відпрацьованих газів може бути рециркульована.

Системи SCR застосовуються на вантажних автомобілях та автобусах, а також і легкових автомобілях. Нижче описана будова та робота системи, що встановлюється на автомобілі Volkswagen Passat Blue TDI.

Загальна будова системи нейтралізації SCR показана на рис. 1.

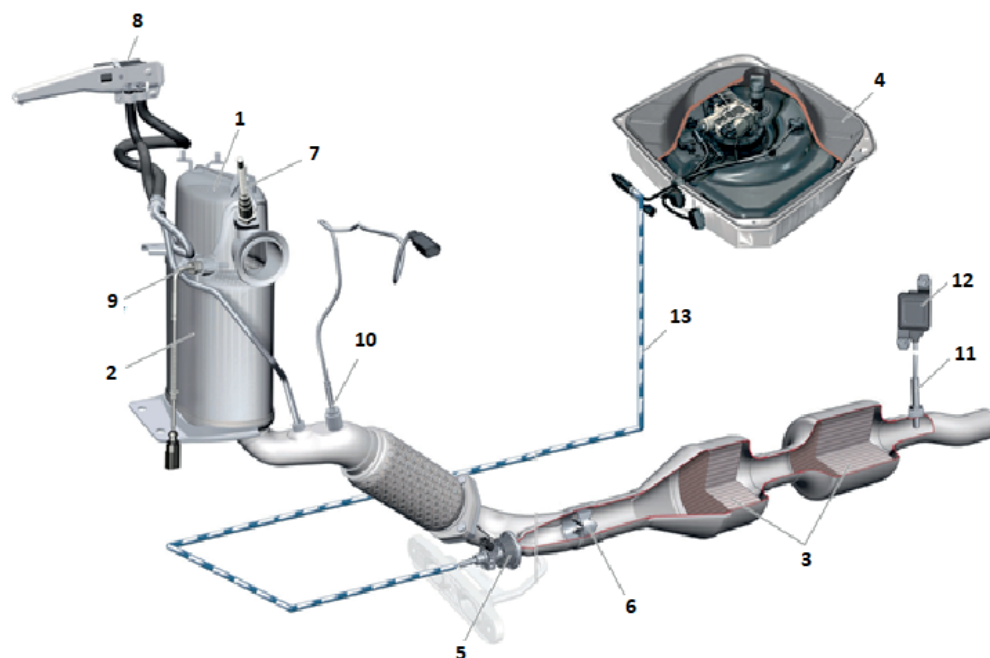


Рис. 1. Система випуску ВГ з системою нейтралізації SCR [10]:

1 – окислювальний каталізатор; 2 – сажовий фільтр; 3 – відновлювальний каталізатор; 4 – бак сечовини; 5 – форсунка сечовини; 6 – мікшер; 7 – лямбда-зонд; 8 – датчик тиску; 9, 10 – датчик температури ВГ; 11 – датчик NO_x ; 12 – блок керування; 13 – трубопровід

При нагріванні приблизно до 200°C відновлювальний каталізатор досягає робочої температури. Блок керування двигуна отримує дані про температуру ВГ перед каталізатором від датчика температури ВГ. Розчин сечовини AdBlue забирається насосом з бака сечовини та під тиском приблизно 5 бар прокачується через трубопровід з підігрівом до форсунки сечовини.

Форсунка сечовини керується блоком керування двигуна і впорскує сечовину в дозованій кількості в трубопровід системи випуску ВГ. Подана сечовина підхоплюється потоком ВГ і рівномірно розподіляється мікшером у відпрацьованих газах. На ділянці до відновлювального каталізатора, так званій гідролізній ділянці, сечовина розпадається на аміак (NH_3) і вуглекислий газ (CO_2). У відновлювальному каталізаторі аміак (NH_3) вступає в реакцію з оксидами азоту (NO_x), утворюючи азот (N_2) і воду (H_2O). Коефіцієнт корисної дії системи SCR визначається датчиком NO_x .

Для того, щоб блок керування двигуна дав команду на впорскування сечовини, мають бути виконані такі умови:

- відновлювальний каталізатор досяг робочої температури приблизно 200°C;
- при низькій температурі навколишнього середовища має бути забезпечено достатню кількість рідкої сечовини для впорскування.

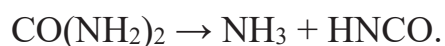
Упорскування сечовини блоком керування двигуна переривається при наступних умовах:

- через малий об'ємного потоку ВГ, наприклад на холостому ходу;
- коли температура ВГ знижується занадто сильно і робоча температура відновлювального каталізатора не досягається.

Конструкція відновлювального каталізатора відповідає конструкції окислювального каталізатора зі стільниковим керамічним елементом. Покриття відновлювального каталізатора складається з цеоліту міді. Воно призначене для прискорення процесу відновлення оксидів азоту.

Гідролізна ділянка (рис. 2) розташована між форсункою сечовини та відновлювальним каталізатором. Там із відновника (водного розчину сечовини) утворюється необхідний для відновлення оксидів азоту аміак (NH_3). Це відбувається внаслідок реакції термолізу та гідролізу впорскнутої сечовини. Коли сечовина впорскується в потік гарячих ВГ, спочатку випаровується вода.

Термоліз - хімічна реакція, за якої внаслідок нагрівання вихідна речовина розпадається на кілька речовин. Гідроліз - розпад хімічної сполуки внаслідок реакції з водою. Під час термолізу відновник (водний розчин сечовини) розпадається на аміак та ізоціанову кислоту:



За цим слідує реакція гідролізу, під час якої ізоціанова кислота реагує з водою, яка міститься в ВГ. При цьому виникає ще одна молекула аміаку та вуглекислий газ:



Ретельне змішування і рівномірний розподіл сечовини і відпрацьованих газів дуже важливий. До входу в каталізатор SCR сечовина повинна повністю

випаруватися. Добрий рівноважний розподіл забезпечує вищий коефіцієнт корисної дії відновлювального каталізатора.

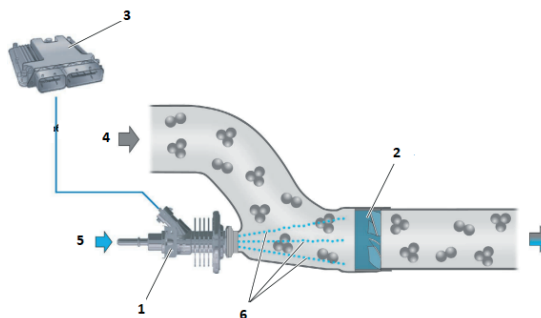


Рис. 2. Гідролізна ділянка системи випуску [10]:

1 – форсунка; 2 – мікшер; 3 – блок керування; 4 – відпрацьовані гази; 5 – сечовина; 6 – конус розпилювання сечовини

У відновлювальному каталізаторі відбувається відновлення оксидів азоту. Це означає, що в процесі відновлення оксид азоту (NO_x) віддає молекули кисню або, інакше кажучи, в оксиду азоту забираються молекули кисню. У відновлювальному каталізаторі оксиди азоту ($\text{NO} + \text{NO}_2$) вступають у реакцію з аміаком (NH_3) з утворенням азоту (N_2) і води (H_2O):



Важливе для процесу відновлення співвідношення оксидів NO і NO_2 у відпрацьованих газах утворюється в окислювальному каталізаторі. Покриття окислювального каталізатора адаптовано під систему нейтралізації SCR.

Після процесу відновлення у відпрацьованих газах містяться такі речовини: вуглекислий газ, вода, кисень, азот.

Форсунка сечовини закріплена на S-подібній направляючій труби системи випуску ВГ за допомогою хомута. Завдання форсунки дозувати подачу сечовини в потік відпрацьованих газів. Керування форсункою здійснює блок керування двигуна за допомогою сигналу з широтноімпульсною модуляцією. Будова форсунки наведена на рис. 3.

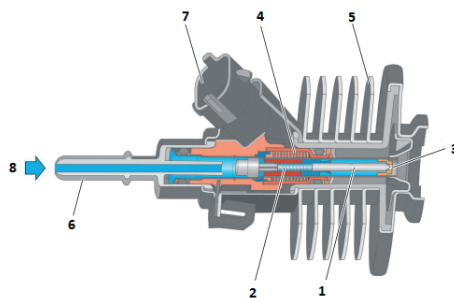


Рис. 3. Форсунка сечовини [10]:

1 – голка форсунки; 2 – пружина; 3 – розпилювач з трьома отворами; 4 – котушка електромагніту; 5 – ребра охолодження; 6 – штуцер; 7 – електричний роз'єм; 8 – сечовина

Завдяки розміщенню форсунки на S-подібній направляючій трубі системи випуску ВГ сечовина впорскується в осьовому напрямку відносно напрямку потоку ВГ. Це дає змогу унеможливити відхилення конуса розпилення і забезпечує хороше змішування та рівномірний розподіл сечовини в потоці ВГ. Завдяки цьому конструктивному рішенню сечовина може швидко і повністю перейти в газоподібний стан.

У форсунці сечовина перебуває під тиском, створеним насосом сечовини. У положенні спокою голка форсунки перекриває вихідний отвір за рахунок зусилля пружини форсунки. Для впорскування сечовини блок керування двигуна посилає керуючий сигнал на електромагнітну котушку. При цьому виникає магнітне поле, яке витягує якор форсунки та голку форсунки. Форсунка відкривається і відбувається впорскування сечовини. Якщо керуючий сигнал на електромагнітну котушку більше не надходить, магнітне поле зникає, і голка форсунки перекриває отвір під дією пружини форсунки.

У системі випуску ВГ, безпосередньо за S-подібною направляючою трубою, знаходиться механічний мікшер для поданої сечовини (рис. 4).



Рис. 4. Мікшер [10]

Здебільшого мікшер відіграє роль відбивальної поверхні для розпорошених крапель сечовини. Положення пластинчастого мікшера вибрано так, що конус розпилу поданої сечовини повністю потрапляє на відбиваючу поверхню. Під час зіткнення з поверхнею розпорошені краплі дробляться. Це призводить до того, що сечовина швидше випаровується і переходить у газоподібний стан. Крім того, це дає змогу унеможливити потрапляння великих крапель розпорошеної сечовини на відновлювальний каталізатор. Також геометрична форма мікшера надає потоку ВГ обертальний рух. Це призводить до кращого змішування і рівноважного розподілу крапель розпилу в потоці ВГ.

Необхідний для відновлення оксидів азоту аміак застосовується не в чистому вигляді, а у вигляді водного розчину сечовини. Аміак у чистому вигляді подразнює шкіру і слизові оболонки і, крім того, має вкрай неприємний запах. Як відновник для системи SCR застосовується рідина, якій вся автомобільна промисловість дає єдине фірмове найменування AdBlue®.

AdBlue® зберігається на автомобілі у спеціальному баці (рис. 5).

AdBlue® являє собою прозорий 32,5% розчин сечовини у воді, що має високий ступінь очищення. Він виробляється методом хімічного синтезу.

Частка сечовини в AdBlue® становить 32,5%, оскільки за такої концентрації відновник має найнижчу температуру замерзання, що дорівнює мінус 11°C. Відхилення від цієї концентрації в бік більшої частки сечовини або води призводить до підвищення температури замерзання AdBlue®.

Правила застосування AdBlue® такі [10]:

- застосовувати тільки відповідний дозволеному стандарту виробника AdBlue® в оригінальній упаковці;
- для виключення забруднень забороняється повторно застосовувати злитий із системи AdBlue®;
- проводити заправку бака з сечовиною тільки із застосуванням дозволених виробником ємностей і перехідників;

- сечовина може викликати подразнення шкіри, очей і органів дихання. У разі потрапляння цієї рідини на шкіру необхідно негайно змити рідину великою кількістю води. За необхідності слід звернутися до лікаря.

Властивості AdBlue® такі [10]:

- за температур нижче -11°C AdBlue® замерзає;
- за високих температур (приблизно $+70^{\circ}\text{C}$ – $+80^{\circ}\text{C}$) AdBlue® розпадається. Як наслідок, це призводить до утворення аміаку та можливої появи неприємного запаху;
- забруднення сторонніми речовинами та бактеріями може зробити AdBlue® непридатним для застосування;
- сечовина, що витекла і кристалізувалася, залишає білі плями. Ці плями можна відчистити за допомогою води і щітки (по можливості негайно);
- AdBlue® має високу здатність до просочування. Слід захищати електричні вузли та роз'єми від потрапляння AdBlue®.

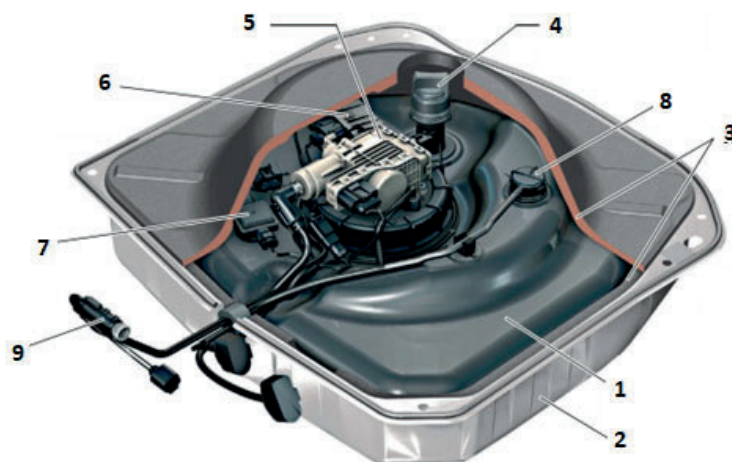


Рис. 5. Бак для сечовини [10]:

1 – бак; 2 – піддон кріплення; 3 – ізоляція; 4 – патрубок заливної горловини; 5 – модуль подачі сечовини; 6 – блок керування системи підігріву сечовини; 7 – модуль оцінки рівня сечовини; 8 – система вентиляції; 9 – трубопровід з підігрівом для подачі сечовини

Призначення складових бака сечовини:

- модуль подачі сечовини містить датчики і виконавчі механізми для її подачі в системі заправки і подачі;
- модуль оцінки рівня сечовини вимірює рівень заповнення бака;

- блок керування системи підігріву сечовини керує обігрівом системи заправки та подачі сечовини;
- ізоляція зі спіненого поліпропілену призначена для захисту сечовини від низьких і високих температур навколишнього середовища;
- система вентиляції. Система заправки і подачі сечовини являє собою певною мірою ізольовану від зовнішнього середовища систему. Це досягається за рахунок порошкового матеріалу, що знаходиться в приєднувальному патрубку системи вентиляції. Вирівнювання тиску в баку з сечовиною таким чином завжди відбувається протягом тривалого проміжку часу.

Під час заправки сечовини необхідно стежити за тим, щоб у баку залишався достатній вільний об'єм для розширення сечовини. Заправляти бак для сечовини слід тільки за допомогою передбачених для цього ємностей і систем заправки. Завдяки цьому забезпечується правильна швидкість заправки, що попереджає зайве наповнення бака. Крім того, всі гази збираються в заправних ємностях і не потрапляють в атмосферу. Забороняється використовувати для заправки бака з сечовиною лійки та схожі пристосування, а також самостійно заправляти ємність для дозаправки сечовиною.

3. Завдання на практичну роботу

- 3.1. Вивчити будову та роботу системи нейтралізації SCR.
- 3.2. Вивчити властивості та правила застосування рідини AdBlue®.

4. Завдання для звіту

- 4.1. Виконати схему системи нейтралізації SCR.
- 4.2. Описати роботу системи нейтралізації SCR.

5. Запитання для самоконтролю

- 5.1. Яке призначення системи нейтралізації SCR?
- 5.2. Який принцип роботи системи нейтралізації SCR?
- 5.3. Опишіть будову системи нейтралізації SCR.
- 5.4. Яке призначення сечовини в системі нейтралізації SCR?
- 5.5. Які хімічні реакції протікають під час роботи системи SCR.

5.6. Опишіть властивості рідини AdBlue®.

Література

1. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик – Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
2. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. – Київ, Моноліт, 2019. – 288 с.
3. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів.– Київ : Арістей, 2006. – 280 с.

3.3.2. Тестові завдання з екології автомобіля

1. Закриті тестові питання (правильні відповіді виділені заливанням)

1. Який вид живлення двигуна вважається найбільш екологічно чистим?
 - a) Бензин
 - b) Дизельне паливо
 - c) Газ
 - +d) Електрика
2. Який з цих викидів є основним забруднювачем повітря від автомобілів?
 - a) Вуглекислий газ (CO₂)
 - +b) Оксиди азоту (NO_x)
 - c) Сірчистий газ (SO₂)
 - d) Озон (O₃)
3. Що таке «екологічний слід» автомобіля?
 - a) Кількість ресурсів, використаних для виробництва автомобіля
 - +b) Загальна кількість викидів, які автомобіль виробляє протягом свого життя
 - c) Витрати пального на 100 км пробігу
 - d) Вартість утилізації автомобіля
4. Які з наступних технологій можуть зменшити викиди автомобіля?
 - a) Гібридні системи
 - b) Системи рекуперації енергії
 - c) Турбонаддув
 - +d) Всі вищезгадані
5. Які наслідки має забруднення повітря від автомобілів для здоров'я людини?
 - a) Збільшення захворювань дихальних шляхів
 - b) Погіршення загального стану здоров'я
 - c) Підвищення ризику серцево-судинних захворювань
 - +d) Всі відповіді правильні

6. Які з цих викидів можуть сприяти утворенню смогів?

- +a) Оксиди сірки (SO_x)
- +b) Оксиди азоту (NO_x)
- c) Вуглекислий газ (CO_2)
- d) b) та a)

7. Яка з наведених технологій допомагає зменшити викиди оксидів азоту?

- a) Каталітичний нейтралізатор
- b) Турбонаддув
- +c) Система рециркуляції вихлопних газів (EGR)
- d) Всі відповіді правильні

8. Яка частина автомобіля відповідає за зменшення викидів вуглеводнів?

- a) Двигун
- +b) Каталітичний нейтралізатор
- c) Система впуску
- d) Паливний насос

9. Що з наведеного є наслідком викидів автомобілів?

- a) Зміна клімату
- b) Погіршення якості повітря
- c) Зростання захворювань дихальних шляхів
- +d) Всі відповіді правильні

10. Яка основна функція каталітичного нейтралізатора?

- a) Збільшення потужності двигуна
- +b) Зменшення шкідливих викидів
- c) Покращення паливної економії
- d) Охолодження вихлопних газів

11. Які з наступних викидів каталітичний нейтралізатор допомагає перетворити на менш шкідливі речовини?

- a) Вуглеводні (HC)
- b) Оксиди азоту (NO_x)
- c) Вуглекислий газ (CO_2)
- +d) a) та b)

12. Які метали зазвичай використовуються в каталітичному нейтралізаторі для забезпечення каталізу?

- a) Залізо та мідь
- +b) Паладій, платина та родій
- c) Свинець та цинк
- d) Нікель та алюміній

13. Яка роль каталітичного нейтралізатора у зменшенні викидів оксидів азоту?
- a) Збільшення їх концентрації
 - +b) Перетворення NO_x на азот і воду
 - c) Зменшення їх температури
 - d) Немає впливу на NO_x
14. Які фактори можуть впливати на ефективність каталітичного нейтралізатора?
- a) Якість пального
 - b) Температура роботи двигуна
 - c) Стан автомобіля та системи впуску/випуску
 - +d) Всі відповіді правильні
15. Яка основна функція каталітичного нейтралізатора?
- a) Зменшення шуму двигуна
 - +b) Перетворення шкідливих викидів у менш небезпечні речовини
 - c) Підвищення потужності двигуна
 - d) Поліпшення паливної економії
16. Які основні компоненти каталітичного нейтралізатора?
- +a) Керамічна матриця, каталізатор, корпус
 - b) Вихлопна труба, датчик температури, корпус
 - c) Двигун, паливна система, вихлопна система
 - d) Моторне масло, охолоджуюча рідина, фільтр
17. Яка частина каталітичного нейтралізатора відповідає за окислення оксидів вуглецю (CO)?
- a) Знищувач
 - +b) Окислювальний каталізатор
 - c) Платиновий каталізатор
 - d) Датчик кисню
18. Яка з наступних речовин не є продуктом роботи каталітичного нейтралізатора?
- a) Вода (H_2O)
 - b) Вуглекислий газ (CO_2)
 - +c) Оксид азоту (NO)
 - d) Оксид вуглецю (CO)
19. Який з цих факторів може вплинути на ефективність каталітичного нейтралізатора?
- a) Неправильне паливо
 - b) Температура роботи
 - c) Чистота каталізатора
 - +d) Усі вище наведені

20. Який тип автомобільних двигунів зазвичай використовує каталітичні нейтралізатори?

- +a) Двигуни внутрішнього згоряння
- b) Електричні двигуни
- c) Двигуни на біопальному
- d) Гібридні двигуни

21. Яка основна функція сажового фільтра?

- a) Збільшення потужності двигуна
- +b) Вловлювання сажі та частинок з вихлопних газів
- c) Зменшення споживання пального
- d) Охолодження вихлопних газів

22. Які види автомобілів зазвичай обладнуються сажевими фільтрами?

- a) Легкові бензинові автомобілі
- +b) Дизельні автомобілі
- c) Гібридні автомобілі
- d) Всі типи автомобілів

23. Як часто потрібно регенерувати сажовий фільтр для підтримки його ефективності?

- a) Після кожної заправки
- +b) Залежно від пробігу і стилю водіння
- c) Один раз на рік
- d) Ніколи, фільтр сам очищається

24. Які наслідки можуть виникнути при забрудненні сажового фільтра?

- a) Збільшення витрат пального
- b) Зниження потужності двигуна
- c) Викиди шкідливих частинок в атмосферу
- +d) Всі відповіді правильні

25. Які технології використовуються для регенерації сажового фільтра?

- a) Активна регенерація
- b) Пасивна регенерація
- c) Теплова регенерація
- +d) Всі відповіді правильні

26. З яких матеріалів зазвичай виготовляється сажовий фільтр?

- a) Метал та скло
- +b) Кераміка та метал
- c) Пластик та гуму
- d) Дерево та композитні матеріали

27. Який процес використовується для очищення сажового фільтра?

- a) Окислення
- +b) Регенерація
- c) Фільтрація
- d) Сепарація

28. Який з наведених чинників може призвести до засмічення сажового фільтра?

- a) Використання неякісного пального
- b) Часті короткі поїздки
- c) Відсутність регулярного обслуговування
- +d) Усі вище наведені

29. Яка з цих систем найбільш часто використовується разом із сажовим фільтром для покращення викидів?

- a) Система впуску повітря
- +b) Система рециркуляції вихлопних газів
- c) Система охолодження
- d) Система живлення

30. Який з цих параметрів є критично важливим для ефективності сажового фільтра?

- +a) Температура відпрацьованих газів
- b) Тиск в системі випуску
- c) Тип двигуна
- d) Форма камери згорання

31. Яка основна мета регенерації сажового фільтра?

- a) Зменшення шуму двигуна
- +b) Видалення накопичених сажових частинок
- c) Збільшення потужності двигуна
- d) Поліпшення паливної економії

32. Який з цих методів використовується для регенерації сажового фільтра?

- a) Хімічна регенерація
- b) Пасивна регенерація
- c) Механічна регенерація
- +d) Теплова регенерація

33. До якого значення підвищується температура в сажовому фільтрі під час активної регенерації?

- a) До 200°C
- b) До 400°C
- +c) До 600°C

d) До 800°C

34. Який фактор може сприяти активній регенерації сажового фільтра?

- +a) Висока швидкість автомобіля
- b) Зниження температури двигуна
- c) Часті короткі поїздки
- d) Використання неякісного пального

35. Який із наступних симптомів може вказувати на проблеми з регенерацією сажового фільтра?

- +a) Збільшення витрат пального
- b) Підвищення потужності
- c) Зменшення викидів CO₂
- d) Зниження шуму двигуна

36. Яка з цих умов є критично важливою для успішної регенерації сажового фільтра?

- +a) Наявність кисню
- b) Низька температура
- c) Низька швидкість
- d) Високий тиск в системі

37. Яка з цих технологій може використовуватися для поліпшення регенерації сажового фільтра?

- a) Турбонаддув
- +b) Система рециркуляції вихлопних газів
- c) Окислювальні каталізатори
- d) Інжектор пального

38. Яка частина сажового фільтра відповідає за затримку частинок сажі?

- a) Переходи
- +b) Керамічна матриця
- c) Корпус
- d) Датчик тиску

39. Яка з наведених частин сажового фільтра може бути заблокована, якщо фільтр не очищується належним чином?

- a) Вихлопна труба
- +b) Вхідні канали
- c) Датчик температури
- d) Клапан рециркуляції

40. Яка функцію має датчик тиску у системі сажового фільтра?

- a) Вимірювання температури

- +b) Контроль стану фільтра
- c) Регулювання паливної подачі
- d) Зменшення шуму

41. Що таке система рециркуляції відпрацьованих газів (EGR)?

- a) Система, що очищає відпрацьовані гази
- +b) Система, що зменшує викиди оксидів азоту
- c) Система, що підвищує потужність двигуна

42. Яка основна мета використання системи EGR?

- a) Зменшення споживання пального
- b) Підвищення енергоефективності
- +c) Зниження рівня забруднення повітря

43. Який елемент двигуна зазвичай відповідає за управління системою EGR?

- a) Датчик тиску
- +b) Електронний блок керування (ECU)
- c) Фільтр повітря

44. Як працює система EGR?

- a) Випускає відпрацьовані гази в атмосферу
- +b) Повторно використовує частину відпрацьованих газів для зменшення викидів
- c) Заміщує відпрацьовані гази свіжим повітрям

45. Які можуть бути наслідки несправності системи EGR?

- a) Збільшення викидів шкідливих речовин
- b) Зменшення потужності двигуна
- +c) Обидва варіанти

46. Які з наступних викидів може зменшити система EGR?

- a) Вуглекислий газ (CO_2)
- +b) Оксиди азоту (NO_x)
- c) Вуглеводні (HC)

47. Чому важливо регулювати об'єм рециркулюючих газів?

- +a) Для оптимізації роботи двигуна
- b) Для зменшення шуму
- c) Для підвищення витрат пального

48. Які проблеми можуть виникнути внаслідок використання системи EGR?

- a) Накопичення нагару
- b) Погіршення паливної економії
- +c) Обидва варіанти

49. Як можна діагностувати несправність системи EGR?

- +a) Використання діагностичного сканера
- b) Візуальний огляд системи
- c) Зміна масла

50. Що таке система SCR?

- a) Система, що зменшує викиди вуглекислого газу
- +b) Система, що зменшує викиди оксидів азоту
- c) Система, що очищає паливо

51. Яка основна мета використання системи SCR?

- a) Підвищення потужності двигуна
- +b) Зменшення шкідливих викидів
- c) Поліпшення охолодження двигуна

52. Яка речовина використовується в системі SCR для нейтралізації NO_x?

- a) Вода
- +b) Сечовина
- c) Спеціальний каталізатор

53. Як сечовина взаємодіє з відпрацьованими газами у системі SCR?

- a) Випаровується в атмосферу
- +b) Реагує з NO_x і перетворює його на безпечні продукти
- c) Збільшує температуру викидів

54. Які компоненти зазвичай входять до системи SCR?

- a) Пальниковий пристрій і каталізатор
- +b) Датчики, насос для подачі сечовини і каталізатор
- c) Фільтр повітря і компресор

55. Що може статися, якщо система SCR не працює належним чином?

- a) Збільшення викидів NO_x
- b) Зниження потужності двигуна
- +c) Обидва варіанти

56. Як контролюється рівень сечовини в системі SCR?

- +a) За допомогою датчика рівня
- b) Автоматично через ECU
- c) Оглядом візуально

57. Чому важливо підтримувати правильний рівень сечовини в системі SCR?

- a) Для оптимізації витрат пального
- +b) Для забезпечення ефективності зменшення викидів
- c) Для покращення швидкості двигуна

58. Як часто потрібно доливати сечовину у систему SCR?

- a) Кожен раз при заправці пального
- +b) Залежно від витрати пального і пробігу
- c) Один раз на рік

2. Завдання на встановлення відповідності

1. Встановіть відповідність між компонентами відпрацьованих газів та їх характеристикою.

1) N_2 – азот	a) Безбарвний негорючий газ з різким запахом. Викликає захворювання шляхів дихання. Концентрація у ВГ дуже мала.
2) CO_2 – вуглекислий газ	b) Виникає під час неповного згорання палива, що містить вуглець. Безбарвний і без запаху. Вибухонебезпечний і дуже ядовитий. Може викликати смерть людини при відносно малій концентрації в повітрі.
3) CO – оксид вуглецю	c) Безбарвний негорючий газ, не має запаху. Входить до складу повітря. У складі повітря поступає в двигун і присутній при згоранні палива. Основна частина, що поступила у двигун, викидається у незмінному стані в складі ВГ.
4) SO_2 – двоокис сірки	d) Безбарвний негорючий газ, що утворюється в результаті згорання палива, яке містить вуглець (бензин, дизельне паливо). Впливає на стан атмосфери, а саме зменшує товщину шару атмосфери, що захищає Землю від ультрафіолетового випромінювання Сонця.

Правильні відповіді: 1 – c; 2 – d; 3 – b) 4 – a.

2. Встановіть відповідність між показниками токсичності автомобільних двигунів та формулами для їх визначення.

1) Викиди i-го компонента	a) $Q_i = G_i / V_a$, г/км
2) Питомі викиди токсичних компонентів	b) $G_i = C_i Q_{вг}$, г/год
3) Викиди за пробіг	c) $q_i = G_i / N_e$, г/кВт год

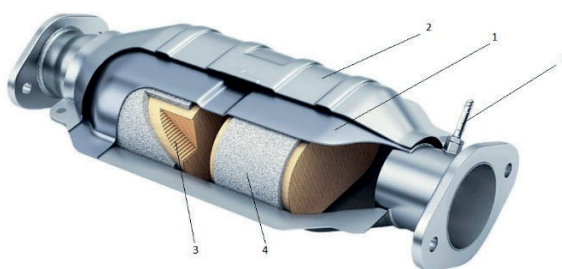
Правильні відповіді: 1 – b; 2 – c; 3 – a.

3. Встановіть відповідність між каталізаторами та процесами, що в них протікають.

1) Відновлювальний каталізатор	a) $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
2) Окислювальний каталізатор	b) $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
	c) $2\text{NO} + 2\text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$
	d) $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$; $2\text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

Правильні відповіді: 1 – c; 2 – d.

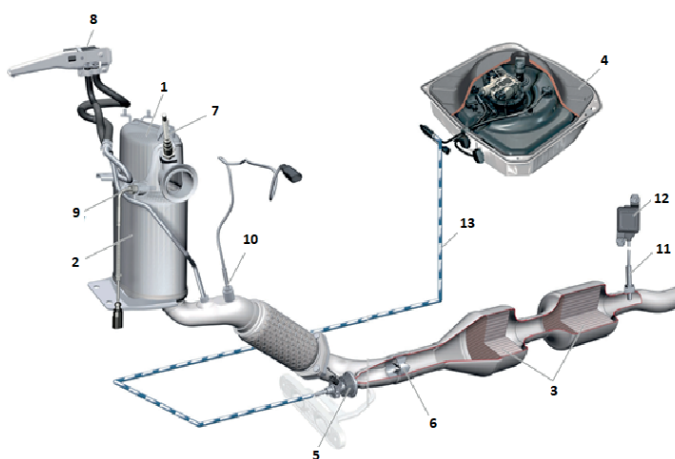
4. Дайте назву складових каталітичного нейтралізатора.



1) Елемент №2	a) Датчик кисню
2) Елемент №3	b) Матриця
3) Елемент №4	c) Теплоізоляційний екран
4) Елемент №5	d) Теплоізоляція

Правильні відповіді: 1 – c; 2 – b; 3 – d; 4 – a.

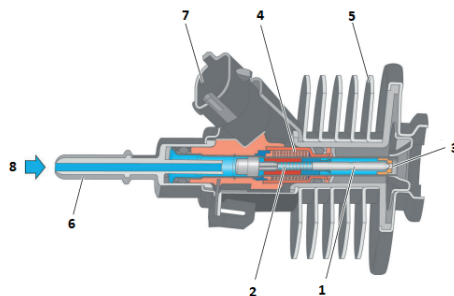
5. Дайте назву складових системи нейтралізації SCR.



1) Елемент №2	a) Бак для сечовини
2) Елемент №3	b) Форсунка сечовини
3) Елемент №4	c) Сажовий фільтр
4) Елемент №5	d) Відновлювальний каталізатор

Правильні відповіді: 1 – с; 2 – d; 3 – a; 4 – b.

6. Дайте назву складових форсунки сечовини системи нейтралізації SCR.



1) Елемент №1	a) Розпилювач
2) Елемент №3	b) Штуцер
3) Елемент №4	c) Голка
4) Елемент №6	d) Котушка електромагніту

Правильні відповіді: 1 – с; 2 – a; 3 – d; 4 – b.

3. Відкриті тестові питання

1. Які основні екологічні проблеми, пов'язані з використанням автомобілів?
2. Які види забруднюючих речовин викидають автомобілі і які з них є найбільш небезпечними для здоров'я людини та навколишнього середовища?
3. Опишіть, як технології електромобілів можуть зменшити негативний вплив автомобілів на екологію.
4. Які альтернативні види пального можуть зменшити викиди CO₂ в атмосферу?
5. Яка роль державних політик у зменшенні викидів автомобільного транспорту? Наведіть приклади успішних ініціатив.
6. Як впливає автомобільний транспорт на зміни клімату? Обґрунтуйте свою відповідь.
7. Які заходи можуть бути вжиті на індивідуальному рівні для зменшення екологічного впливу використання автомобілів?
8. Розгляньте позитивні та негативні аспекти каршерингу (спільного користування автомобілями) з точки зору екології.
9. Чи вважаєте ви, що автомобілі з двигунами внутрішнього згорання мають майбутнє? Поясніть свою позицію.

10. Як urban planning (міське планування) може вплинути на зменшення використання автомобілів і покращення екологічної ситуації в містах?
11. Які методи зменшення викидів автомобілів ви вважаєте найефективнішими? Обґрунтуйте свою відповідь.
12. Як автомобільний транспорт може впливати на біорізноманіття в містах? Наведіть приклади.
13. Опишіть принцип роботи сажового фільтра і його роль у зменшенні забруднення повітря.
14. Опишіть основні компоненти сажового фільтра і їх функції.
15. Які ознаки вказують на те, що сажовий фільтр потребує заміни або очищення? Наведіть приклади.
16. Опишіть різницю між пасивною і активною регенерацією сажового фільтра.
17. Які можливі наслідки від неправильної або недостатньої регенерації сажового фільтра? Наведіть приклади.
18. Які фактори можуть впливати на ефективність сажового фільтра в процесі роботи?
19. Опишіть призначення системи SCR.
20. Яку функцію виконує сечовина в системі SCR?

ВИСНОВКИ

1. Огляд та аналіз підходів до здійснення екологічного навчання і виховання учнів загальноосвітньої школи засвідчив доцільність та ефективність їх реалізації на міждисциплінарній основі. Програми професійного навчання учнів за профілем «Автосправа» володіє достатніми можливостями для реалізації екологічної освіти. Ефективність екологічного навчання визначаються врахуванням вимог суспільства до рівня екологічної грамотності майбутніх фахівців, професійним спрямуванням екологічної освіти, дотриманням наступності і системності при здійсненні екологічного навчання і виховання, створенням і оновленням відповідних навчально-методичних матеріалів.

2. Визначено зміст екологічного навчання і виховання під час вивчення будови автомобіля. Подано характеристику змісту інтелектуального, операційного і мотиваційного компонентів процесу екологічного виховання.

У змісті екологічного навчання і виховання повинні бути відображені специфіка предметної області дисципліни та особливості вмінь і навичок, що формуються в учнів у процесі їх навчання.

3. Укладено план екологічного навчання і виховання в процесі вивчення будови автомобіля та запропоновано зміст екологічної програми «Екологія автомобіля».

4. Здійснено добір матеріалу для екологічного навчання в процесі вивчення будови автомобілів, який оформлений у вигляді трьох практичних робіт та тестових завдань для контролю знань з екології автомобіля.

5. Практичне значення роботи полягає у тому, що вміщені у роботі матеріали (планування та методика) можна рекомендувати учителям загальноосвітніх шкіл та професійно-технічних навчальних закладів для використання в навчальному процесі з метою екологічного навчання і виховання учнів.

6. Під час виконання магістерської роботи мною набуті нові знання з питань екології автомобіля та екологічної освіти школярів, удосконалено навички опрацювання та аналізу інформаційних ресурсів, розроблення та укладання методичних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі в сучасній екологічній політиці. URL: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/analitika/avtomobili-v-suchasnoi-iekolohichnii-polititsi> (дата звернення 12.12.2023).
2. Викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобільних двигунів. Основні відомості. Програма самонавчання 230. Volkswagen AG, Вольфсбург, Service Training. – 28 с.
3. Вплив автомобілів на навколишнє середовище. URL: https://100.ks.ua/show/vliyanie-avtomobiley-na-okruzhayuschuyu-sredu#google_vignette (дата звернення 10.12.2023).
4. Екологічний аспект. URL: <https://auto.cost.ua/ecologichnij-aspekt/> (дата звернення 12.12.2023).
5. Іванов І. І., Саввін О. В., Екологічна освіта як інструмент формування екологічної компетентності студентів – металургів. Теорія і практика металургії. 2019. №5. С. 36-45.
6. Липова Л., Лукашенко Т., Малишев В. Екологічна компетентність особистості в умовах фундаменталізації освіти. «Освіта регіону. Політологія. Психологія. Комунікації». №1. 2012. URL: <https://social-science.uu.edu.ua/article/767> (дата звернення 18.03.2024).
7. Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>. (дата звернення 07.03.2024).
8. Пруцакова О.Л. Формування екологічної компетентності школярів у час глобальних викликів. URL: https://lib.iitta.gov.ua/723539/1/%D0%9F%D1%80%D1%83%D1%86%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9E.%20%D0%91%D1%96%D0%BB%D0%B0%20%D0%A6%D0%B5%D1%80%D0%BA%D0%B2%D0%B0_removed.pdf (дата звернення 18.03.2024).
9. Сажовий фільтр з каталітичним покриттям. Будова і принцип роботи. Програма самонавчання 336. VOLKSWAGEN AG, Вольфсбург, Service Training. – 36 с.

10. Система нейтралізації відпрацьованих газів Selective Catalytic Reduction Конструктивні особливості та описання роботи. Програма самонавчання 424. – VOLKSWAGEN AG, Вольфсбург, Service Training. – 56 с.

11. Технології (профільний рівень). Програма для 10-11-х класів ЗНЗ. URL: <https://osvita.ua/school/program/program-10-11/58970/> (дата звернення 20.02.2024).

12. Толочко С.В., Шкодин А.В. Формування екологічної компетентності студентів агротехнічних спеціальностей ВНЗ. Екологічні науки. 2017. № 18–19. С. 165–172.

13. Транспорт майбутнього та екологія. URL: <https://hub-synchro.space/02> (дата звернення 10.02.2024).

14. У 2023 році в Україні завезли майже 38 тис. електромобілів. Це новий рекорд. URL: <https://itc.ua/ua/novini/u-2023-rotsi-v-ukrayini-zavezly-majzhe-38-tys-elektromobiliv-tse-novyj-rekord/> (дата звернення 15.05.2024).

15. У 2023 році світові продажі електромобілів зросли на понад 30%. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2024/01/11/708626/> (дата звернення 10.02.2024).

16. Шарко В.Д. Екологічне виховання учнів під час вивчення фізики. – К.: Радянська школа, 1990. – 208 с.

17. Що таке цілі сталого розвитку? URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku> (дата звернення 14.03.2024).

18. Як впливає авто на екологію на здоров'я. URL: <https://bakertilly.ua/%D1%8F%D0%BA-%D0%B2%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%94-%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE-D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8E-%D0%BD%D0%B0-%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8F/> (дата звернення 10.12.2023).