

Мазур А.М., Будолак С.Ю., Ткаченко В.В., Гуменніков Р.В.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТОКСИЧНИХ ВИКИДІВ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

У статті розглянуто основні токсичні речовини, що виділяються при роботі двигунів внутрішнього згорання, причини їх утворення та вплив на довкілля. Порівняно викиди бензинових та дизельних двигунів.

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, робота двигуна, дизель, токсичні речовини, забруднення атмосфери відпрацьованими газами.

Постановка проблеми. Питання забруднення довкілля відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання сьогодні дуже актуальне як в Україні, так і у всьому світі. Зменшення впливу токсичних речовин на довкілля розглядається на різних рівнях, від окремого підприємства до держав та міжнародних організацій урядів країн. Зокрема, Міжнародна Морська Організація (ІМО) постійну увагу приділяє підвищенню екологічності морського транспорту, зменшенню шкідливих викидів, розробленню технічних, організаційних заходів щодо їх обмеження. Зазначені фактори свідчать про актуальність питання зниження токсичних викидів при експлуатації двигунів внутрішнього згорання та подальшого їх вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання зменшення впливу шкідливих речовин, що виникають при експлуатації двигунів внутрішнього згорання докладно розглянуто науковцями: В.О. Звоновим, Ю.Ф. Гутаревичем, О.Д. Климушем, М.М. Худолієм, В.І. Гдирею, О.І. Жегаліним, П.Д. Лупачевим, Б.П. Пугачевим, О.К. Костіним, Ю.Ю. Кочиневим та іншими. На теперішній час постійне зростання науково-технічного прогресу, підвищення автоматизації, збільшення потужностей морського транспорту вимагають більш детального вивчення можливостей як двигунів, так і властивостей палива, що в них використовується, тобто проведення подальших поглиблених наукових досліджень з метою покращення екологічних характеристик морського транспорту.

Мета дослідження полягає у вивченні механізмів утворення та шляхів зниження шкідливих речовин, що утворюються при експлуатації двигунів внутрішнього згорання.

Основні результати дослідження. Основна кількість забруднюючих атмосферу речовин виділяється при роботі теплових двигунів. Особливо широко використовуються теплові двигуни внутрішнього згорання, в яких хімічна енергія рідкого палива перетворюється в робочій порожнині двигуна на теплову та далі механічну. Найбільш поширеними є поршневі двигуни внутрішнього згорання – бензинові та дизелі. Робота цих двигунів супроводжується рядом явищ, які негативно впливають на навколишнє середовище. Основне з них – забруднення атмосфери токсичними речовинами, які містяться у відпрацьованих газах, що складаються близько 1200 різних компонентів.

Поряд з нетоксичними компонентами (азот, кисень, водень, водяна пара) відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання містять речовини, що шкідливо впливають на навколишнє середовище та людину. До таких належать окис вуглецю (CO), вуглеводні (C_mH_n), окис та двоокис азоту (NO та NO₂), альдегіди, двоокис сірки (SO₂), сажа, канцерогенні речовини. Концентрація речовин у відпрацьованих газах двигунів наведена у таблиці 1[1].

Таблиця 1

Концентрація речовин у відпрацьованих газах двигунів

Токсичні компоненти	Бензиновий двигун	Дизель
Окис вуглецю, %	До 10%	0,2
Вуглеводні, %	До 0,5	0,01
Окис та двоокис азоту, %	До 0,5	0,25
Альдегіди, %	0,03	0,002
Двоокис сірки, %	0,008	0,03
Сажа, г/м ³	До 0,04	0,1-1,1

У двигунів із зовнішнім сумішоутворенням, наприклад бензинових, найбільша частка шкідливих викидів припадає на окис вуглецю, у той час як у двигунів з внутрішнім сумішоутворенням (дизелі) – на сажу. Це пояснюється істотною відмінністю утворення горючої суміші та горіння. Якщо у бензинового двигуна процес горіння в циліндрі можливо розглядати як горіння гомогенної суміші, то в циліндрах дизеля здійснюється гетерогенне горіння, якість якого залежить від характеристик впорскування палива, форми камери згорання, інтенсивності сумішоутворення та ін. При організації малотоксичного робочого процесу в дизелі необхідно забезпечити повне згорання палива по всьому об'єму камери згорання, а у бензинових двигунів – оптимальне співвідношення палива та повітря в суміші [2].

Серед токсичних речовин, що виділяються при роботі двигунів внутрішнього згорання, найбільше припадає на окис вуглецю, що є газом без кольору та запаху і утворюється при неповному згоранні вуглецю палива. Питома густина його менша повітря, тому газ легко поширюється в атмосфері та зберігається там до 5 років [1].

У двигунах внутрішнього згорання утворення окису вуглецю може відбуватися під час холоднополум'яних реакцій (в дизелях), при згоранні паливно-повітряних сумішей з деякою нестачею кисню, а також внаслідок дисоціації двоокису вуглецю, що виникає при високих температурах. У процесі наступного горіння та розширення за наявності кисню можливе горіння окису вуглецю [3].

Наявність вуглеводнів у відпрацьованих газах пояснюється двома причинами. З одного боку, паливно-повітряна суміш в циліндрах не є однорідною, внаслідок чого в окремих місцях паливо згорає з нестачею кисню. Це призводить до припинення процесу поширення полум'я, через що частина вуглеводнів не бере участі в процесі горіння та викидається у навколишнє середовище. З іншого боку, біля холодних стінок камери згорання гасіння полум'я виникає навіть за умови наявності кисню, а незгорілі вуглеводні також потрапляють у довкілля NO [4].

До факторів, що впливають на кількість вуглеводнів, що не згоріли, також необхідно врахувати відношення поверхні камери згорання до її об'єму, кількість залишкових газів у циліндрі двигуна, ступінь турбулентності заряду, склад суміші, тиск та температура процесу горіння, протікання процесу догорання після проходження фронту полум'я. Утворенню вуглеводнів також сприяє змащувальне мастило, що потрапляє до камери згорання, підтікання палива із розпилювача форсунки після закінчення впорскування, що одночасно призводить до збільшення викидів сажі [2].

Згорання палива в циліндрах двигунів проходить при високих температурах, при яких проходять побічні реакції, які супроводжуються виділенням токсичних речовин, головним чином окису азоту NO [4].

У відпрацьованих газах двигунів від 90 до 99% всієї кількості окисів азоту складає окис азоту NO. Однак, вже в системі випуску та далі в атмосфері проходить окислення NO у двоокис азоту NO₂.

NO₂ – газ червоно-бурого кольору, який в малих концентраціях не має запаху, добре розчиняється у воді з утворенням кислот [2].

Необхідною умовою утворення окису азоту є температура вище 1600°С.

Кількість окисів азоту в міру зменшення навантаження двигуна помітно знижується. На холостому ходу утворюється невелика кількість окису азоту.

Двоокис азоту, що виділяється при роботі двигунів, під дією сонячного проміння розпадається на атомарний кисень та окис азоту, які при взаємодії з киснем повітря утворюють двоокис азоту та озон. Внаслідок хімічної взаємодії озону з ненасиченими вуглеводнями утворюються високоактивні недоокислені речовини (оксиданти), які призводять до утворення смогу. Токсикологічний ефект впливу окисів азоту на живий організм приблизно у десять разів вищий, ніж СО [4].

Якщо утворення продуктів неповного згоряння палива визначається в цілому недосконалістю процесу згоряння, то утворення окисів азоту – його досконалістю з точки зору ефективності використання енергії палива. Чим вища максимальна температура циклу, тим вищий коефіцієнт корисної дії циклу, тим більше утворюється NO_x . Саме в цьому полягає основна складність комплексного підходу до зниження токсичності двигунів внутрішнього згоряння [2].

Альдегіди утворюються в дизелях у період холодного полум'я, що передус реакції горіння та є її типовими продуктами. Як правило, утворення альдегідів проходить при дуже низьких температурах горіння, що спостерігається при охолодженні суміші холодними поверхнями камери згоряння двигуна.

У процесі згоряння при високих температурах альдегіди можуть згоріти. Наявність їх в відпрацьованих газах двигунів свідчить про згоряння частини палива при низьких температурах [3].

Двоокис сірки утворюється у процесі згоряння сірки, яка знаходиться в пальному, при надлишку кисню. SO_2 – безбарвний газ, легко конденсується у безбарвну рідину, добре розчиняється у воді. При цьому частково проходить реакція з водою з утворенням сірчистої кислоти. Шкідлива дія двоокису сірки приблизно в шість разів сильніша за дію окису вуглецю. Викид двоокису сірки з відпрацьованими газами дизеля пропорційний кількості згорілого палива, тобто навантаженню двигуна [4].

Твердий вуглець (сажа) утворюється в процесі горіння твердого вуглецю в результаті піролізу (термічного розпаду) молекул вуглецю в умовах нестачі кисню [3].

Виділення сажі у відпрацьованих газах дизеля відбувається через неоднорідність складу суміші. У процесі згоряння при підводі тепла до краплинок палива розпад вуглеводних сполук супроводжується виділенням чистого вуглецю (сажі). Більша частина вуглецю згоряє в циліндрі та тільки 1% викидається з відпрацьованими газами.

При вмісті 130 мг сажі на 1 м³ відпрацьованих газів вихлоп дизеля стає видимим. Головною небезпекою наявності частинок сажі у повітрі є те, що вона є носієм канцерогенних речовин [4].

Первинні структури, із яких складається сажа, утворена в дизелях, є частинками сферично форми діаметром 0,015-0,17 мкм з питомою геометричною поверхнею до 75 м²/г. Однак, у процесі згоряння відбувається коагуляція частинок сажі, яка призводить до виникнення вторинних і третинних структур. У відпрацьованих газах дизелів сажа знаходиться у вигляді утворень неправильної форми з лінійними розмірами 0,3-100 мкм. Більша частинка сажових утворень має розміри 0,4-5 мкм.

У процесі розширення газів у циліндрі дизеля до частинок сажі надходить кисень, тобто утворюються сприятливі умови для вигорання сажі. Виділення сажі з відпрацьованими газами залежить як від процесу її утворення, так і від процесу її вигорання.

Утворення сажі також залежить від складу палива, на якому працює двигун. Найбільш схильні до утворення сажі вуглеводні нафталінового ряду, дещо менше – ароматичні вуглеводні. Найменшу кількість сажі утворюють алкани.

У дизелі, однак, можна спостерігати явище, коли при більшому навантаженні паливо, що містить ароматичні вуглеводні, утворює менше диму за паливо, що має у складі алкани (парафіни). Це відбувається через більш тривалий період індукції у випадку палива з

ароматичними вуглеводнями, внаслідок чого суміш у камері згоряння має більше можливостей стати гомогенною до початку горіння.

При турбулентному змішуванні горючої суміші утворення сажі зменшується, а її вигорання збільшується. При режимах роботи двигуна, що характеризуються малим коефіцієнтом надлишку повітря (режими перевантажень та ін.), а також на режимах з малим виділенням окислів азоту (наприклад, холостий хід) у сумарній кількості токсичних викидів дизелів сажа має переважне значення.

Розрізняють темний дизельний дим, у якому переважає тверда дисперсна фаза (сажа), та світлий дим (з перевагою вмісту рідкої дисперсної фази). Світлий дим (його також називають холодним) виникає зазвичай при запуску холодного двигуна [3].

Висновки. На сьогодні існує багато шляхів зменшення впливу шкідливих викидів, що утворюються в результаті роботи двигунів внутрішнього згоряння, які можливо віднести як до конструктивних особливостей, експлуатаційних характеристик, так і до вимог щодо складу палива, що в них застосовується. Тобто, дослідження щодо зниження шкідливого впливу двигунів можливо, щонайменше, розглядати у трьох згаданих напрямках, комплексний підхід до яких, безперечно, приведе до підвищення екологічності транспорту в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гутаревич Ю. Ф. Запобігання забруднення повітря двигунами. – К.: Урожай, 1982. – 230 с.
2. Жегалин О. И., Лупачев П. Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. – М.: Транспорт, 1985. – 320 с.
3. Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1973. – 346 с.
4. Гутаревич Ю. Ф., Клипуш О. Д., Худолий Н. Н., Гдыря В. И. Снижение токсичности выбросов при эксплуатации автомобиля. – К.: Техніка, 1981. – 260 с.

Мазур А.М., Будолак С.Ю., Ткаченко В.В., Гуменников Р.В.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТОКСИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ, КОТОРЫЕ ВОЗНИКАЮТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В статье рассмотрено основные токсические вещества, которые выделяются при работе двигателей внутреннего сгорания, причины их возникновения и влияние на окружающую среду. Проведено сравнение выбросов бензиновых и дизельных двигателей.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, работа двигателя, дизель, токсические вещества, загрязнение атмосферы отработанными газами.*

Mazur A.M., Budolak S.Yu., Tkachenko V.V., Gumenikov R.V.

ANALYSIS OF THE MAJOR TOXIC EMISSION, EVOLVING FROM THE INTERNAL COMBUSTION ENGINES USAGE

The article shows major toxic substances, which are evolved during the usage of internal combustion engines, causes of their formation and the impact on the environment. Emission of petrol and diesel engines is compared.

Keywords: *internal combustion engine, engine operation, diesel, toxic substances, air pollution, exhaust gases.*