

І. А. Шльончак, доцент

Черкаський державний технологічний університет,
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна
igor_shlionchak@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ АКТИВАЦІЇ ВАЖКОГО ВИДУ ПАЛИВА

Розглядаються існуючі методи активації важких видів палива, а також наведено найбільш перспективний з них. Встановлено, що явище енергетичної активації паливних сумішей двигунів внутрішнього згоряння базується на сучасних уявленнях про кінетику хімічних реакцій та теорії ланцюгових реакцій. Встановлено, що недостатньо вивченими, однак перспективними методами активації палив є озонування та акустична обробка.

Ключові слова: методи активації палива, озонування палива, акустична обробка.

Вступ. Стрімкий розвиток автомобільного транспорту (АТ) на всіх етапах характеризується поліпшенням споживчих властивостей автомобіля, у тому числі зниженням максимально допустимого вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах (ВГ) двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Це пояснюється значними темпами приросту на існуючій дорожній мережі України загальної кількості автомобілів (від 5 до 15% щорічно останнім часом), термін експлуатації яких більший нормативного. Широке застосування таких автомобілів призводить до підвищення інтенсивності руху, що ускладнює умови дорожнього руху, погіршує його безпеку, забруднює відпрацьованими газами навколишнє середовище на дорогах і особливо на вулицях міст та населених пунктів [1–3].

Сьогодні в Україні більше ніж 31% із загальних забруднень навколишнього середовища припадає саме на автомобільний транспорт. Внесок АТ в сумарні викиди шкідливих речовин у містах України становить близько 80% загального забруднення, основу якого складають автомобілі з бензиновими двигунами, головним чином з карбюраторними системами живлення, чи системами впорскування, які не відповідають сучасним екологічним вимогам. Така ситуація в нашій державі спонукала на створення комплексного підходу до вирішення проблеми обмеження токсичності існуючого парку автомобілів за рахунок активації процесів згоряння палива в ДВЗ. А також щорічно зростаючі норми викидів АТ до вимог Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН)

стосовно екологічності автомобілів як на стадії виробництва, так і під час експлуатації пояснюють актуальність роботи по вдосконаленню показників транспортних засобів на сучасному етапі [4].

Законом № 1448-III від 10 лютого 2000 р. Україна приєдналася до Женевської угоди нормування шкідливих викидів і її норми базуються на законах Європейського співтовариства. Фундаментом для здійснення екологічних реформ в дорожньо-транспортному комплексі країни стали Конституція України, постанова Верховної Ради України «Про основні напрямки державної політики України в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки», Указ Президента України «Про затвердження стратегії інтеграції України в Європейський Союз», та інші нормативно-правові акти.

Метою роботи є проведення аналізу існуючих методів активації важких видів палив та визначення найбільш перспективного серед них для проведення подальших досліджень.

Згоряння робочої суміші в камері згоряння ДВЗ є складним фізико-хімічним процесом. Однак, згідно з сучасними уявленнями про процеси окиснення палив [1], на більшу частину показників двигуна впливають не фізико-хімічні особливості процесу горіння, а закономірності тепловиділення та зміни тиску і температури в циліндрі. Вказані залежності визначають енергетичні та економічні показники циклу, статичні та динамічні навантаження на деталі, що оцінюється максимальним тиском циклу та швидкістю наростання

тиску при згорянні, яка, в свою чергу, оцінюється за розподілом температур і теплових потоків, інтенсивністю виділення шуму, величиною механічних втрат і токсичністю відпрацьованих газів.

Згідно з існуючими уявленнями про кінетику хімічних реакцій, акт реагування відбувається при зіткненні молекул, енергія яких перевищує визначене для кожної з реакцій значення, достатнє для розриву існуючих внутрішньомолекулярних зв'язків та заміщення їх новими. Це критичне значення енергії називають енергією активації [2], а самі молекули, що беруть участь в реакції, – термічно активними.

Кількість зіткнень на одиницю часу термічно активних молекул залежить від природи реагентів, їх співвідношення в суміші та тиску. Швидкість проходження хімічної реакції вимірюється кількістю речовини, що прореагувала в одиниці об'єму за одиницю часу [1].

В дійсності швидкість проходження реакції спочатку досягає максимуму, а потім спадає до нуля. Така характеристика швидкості згорання робочої суміші обумовлюється змінними параметрами тиску, концентрації реагентів, температури суміші та енергії активації впродовж процесу згорання. Уявлення про хімічні реакції, що проходять в результаті зіткнення термічно активних молекул вихідних речовин, виявилися недостатніми для пояснення ряду таких явищ:

- деякі речовини, так звані присадки до палив суттєво впливають на процес горіння, незважаючи на дуже малі концентрації;

- залежність швидкостей передполумєневих реакцій від параметрів стану помітно відрізняється від зазначеної;

- ряд реакцій відбувається з великими швидкостями без підвищення температури суміші.

Ці та багато інших явищ вдалося пояснити на підставі теорії ланцюгових реакцій, в розробці якої видатна роль належить школі радянських учених на чолі з акад. Н. Н. Семєновим. Відповідно до тверджень цієї теорії переважна більшість хімічних реакцій йде за ланцюговим механізмом, тобто вихідні речовини переходять в кінцеві через більш або менш довгі ланцюги окремих реакцій з утворенням ряду проміжних, нерідко вкрай нестійких, з'єднань. Провідну роль у розвитку ланцюгової реакції відіграють хімічно активні

частинки, які володіють вільними валентностями, що легко вступають в з'єднання з вихідними або проміжними продуктами без термічної активації. У результаті зазначених реакцій утворюються кінцеві продукти і одночасно знову утвориться деяка кількість таких же або інших активних частинок, які знову вступають в реакції, поновлюючи ланцюг перетворень [1].

На проходження хімічних реакцій в поршневих двигунах впливає як термічна, так і хімічна активація частинок. Для різних умов переважним може бути один із способів активації. Однак у більшості випадків, вирішальний вплив робить теплове самоприскорення реакцій. Винятком є процес самозаймання [2].

Активація палива – це комплекс зовнішніх фізичних чи хімічних впливів (або їх комбінацій) на паливо чи пально-повітряну суміш, який ставить за мету зміну його фізико-хімічних властивостей. Активація палива проводиться з метою поліпшення екологічних, економічних, експлуатаційних показників ДВЗ. Явище фізичної та хімічної активації рідин не є новиною для сучасної науки. Хімічні процеси, що проходять у рідких середовищах, в результаті таких впливів є предметом глибоких досліджень у нафтодобувній промисловості, медицині, трибології, будівництві, металургії, текстильному виробництві та ін. [3–5]. Всі ці дослідження базуються на досягненнях фундаментальної хімії. Однак, через складність фізико-хімічного процесу активації, це явище залишається не до кінця вивченим.

Методи активації палива можна розділити на такі види, як хімічна та фізична активація палива [6–7]. В свою чергу, ці два види діляться на окремі напрямки. На рис. 1 зображена схема, яка демонструє класифікацію методів активації палив.

Удосконалення процесів спалювання пально-повітряної суміші шляхом керування фізико-хімічними властивостями дозволяє, з мінімальними витратами на модернізацію, покращити економічно-екологічні показники двигуна внутрішнього згорання.

Хімічна активація палива – це такий вид активації палива, сутність якого полягає у взаємодії речовини палива та іншої речовини-активатора. Хімічна активація палива може здійснюватись шляхом додавання у паливо присадок, добавок чи наноматеріалів.

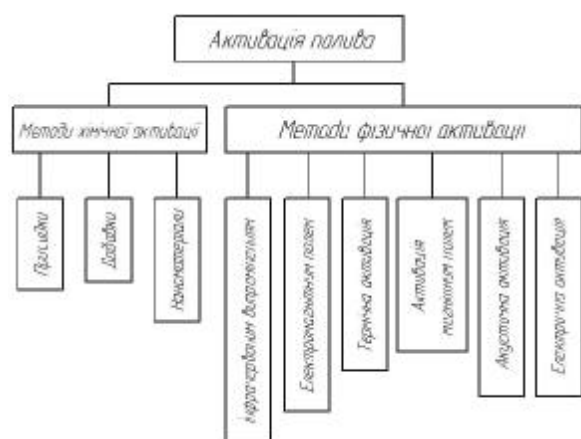


Рис. 1. Класифікація методів активації палива

Присадка – препарат, що додається до палива постійно та у невеликих кількостях для поліпшення його експлуатаційних властивостей [6].

Добавки – це речовини, що додаються до палива постійно та у великих кількостях, на відміну від присадок. Зазвичай, додавання присадок здійснюється з однією метою – підвищення октанового числа палива.

Наноматеріали – матеріали, створені з наночастинок з використанням нанотехнологій. Ці матеріали мають певні унікальні властивості, які проявляються під дією тих чи інших факторів.

Способи отримання наноматеріалів поділяють на:

- «синтез з атомів»,
- «диспергування макроскопічних матеріалів».

Властивості наноматеріалів, як правило, відрізняються від аналогічних матеріалів у стані маси. Наприклад, у наноматеріалів можна спостерігати зміну магнітних, теплових і електричних властивостей. Ці властивості використовуються для зміни фізико-хімічних параметрів палив та пально-мастильних матеріалів. Наприклад, в деяких синтетичних моторних маслах наноматеріали використовують для значного зменшення залежності густини масла від його температури.

Фізична активація палива – це такий вид активації палива, сутність якого полягає у дії на паливо, повітря чи пально-повітряну суміш електричного, магнітного поля, інфрачервоного випромінення, акустичної енергії чи температури. Активація фізичними методами відбувається за допомогою спеціальних пристроїв.

Аналіз літературних джерел та патентної інформації показав, що проблема впливу

на паливо фізичних факторів та хімічних речовин викликає зацікавленість з боку науковців як у нашій країні, так і за кордоном. Численні дослідження вказують на можливість керування властивостями палива, кінетикою передполумених реакцій, що проходять в камері згоряння ДВЗ шляхом впливу на паливо.

До фізичних методів впливу на паливо належать такі: активація інфрачервоним випроміненням, електромагнітним полем, термічна активація, активація магнітним полем, акустична активація та електрична активація.

Активація палива інфрачервоним випроміненням полягає у впливі на паливо променів інфрачервоного діапазону. Японськими винахідниками Хідео Тада та Хідеакі Акудзава в 1991 р. був запатентований пристрій для активації легкого нафтового палива шляхом опромінення його інфрачервоними променями. Пристрій являє собою ємність, наповнену керамічними гранулами. Винахідники рекомендують такі види кераміки: ThO_2 , ZrO_2 , K_2O , TiO_2 , Al_2O_3 , WC , TiC , $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})\text{P}_3\text{O}_{12}$. Особливістю цієї кераміки є те, що при нагріванні вона випромінює інфрачервоні промені. Нагрівання керамічних гранул може здійснюватись як від самого палива, так і сторонніми пристроями [8]. Автори винаходу стверджують, що застосування цього приладу дає змогу знизити рівень CO у відпрацьованих газах на 56% та C_nH_m – на 35%.

Активація палива електромагнітним полем полягає в обробці палива постійним або змінним електромагнітним полем. Прикладом може слугувати прилад, представлений у патенті США [9]. Прилад запропонований бразильським винахідником Хорхе Монтейро Вейра. Магнітна активація палива полягає в тому, що паливо піддається впливу постійного магнітного чи електромагнітного поля. В результаті такої обробки також спостерігається зменшення сил поверхневого натягу.

Під електричною активацією палива розуміють вплив на паливо чи пально-повітряну суміш електростатичного поля. В цьому випадку паливо проходить через електричний конденсатор, до обкладок якого підведена напруга, а паливо є діелектриком. Під час проходження палива через такий конденсатор відбувається поляризація молекул палива, що приводить до збільшення їх реакційної здатності [10].

При згорянні палива на швидкість передполумених процесів при самозайманні в

дизелі значний вплив має рідкофазне окиснення розпиленого палива. Рідкофазне окиснення головним чином залежить від кількості перекисних з'єднань. В свою чергу, період затримки займання палива визначається швидкістю передполумєневих реакцій. Так, при додаванні озону в дизельне паливо відбувається попереднє окиснення крапель рідкого палива з утворенням перекисних з'єднань, які підвищують цетанове число палива та зменшують період затримки спалаху. Тим самим полегшується запуск двигуна, поліпшується плавність процесу згоряння та знижується витрата палива.

Відомо, що цетанове число дизельного палива залежить від його хімічного складу та структури вуглеводнів, що утворюють паливо. Ароматичні вуглеводні знижують цетанове число палива. Тому для підвищення цетанового числа необхідно їх видалення з палива, що і відбувається внаслідок озонування.

Дослідження впливу озону на дизельне паливо були проведені в СНУ ім. Даля та БНТУ. Дослідниками Ноженко Е. С. та Пілатовим А. Ю. здійснено ряд експериментальних досліджень, що мали на меті визначення фізико-кінетичних та експлуатаційних характеристик дизельного палива, обробленого дозою озону. Дослідження фізико-хімічних властивостей палива показують, що вплив озонування на густину палива незначний – густина ДП збільшується на 0,2%, в'язкість збільшується на 2,8%, температура спалаху збільшується на 13°C.

Однак в наведених роботах недостатньо уваги приділено проблемі впливу озону на екологічні та економічні показники дизелів. Тому це питання потребує детального дослідження.

Метод акустичної активації палив базується на явищі акустичної кавітації. При випромінненні в рідину звуку з амплітудою звукового тиску, що перевищує деяку порогову величину, під час періодів розрідження відбувається утворення кавітаційних бульбашок на так званих кавітаційних зародках. Кавітаційними зародками найчастіше виступають газові включення, що містяться в рідині та на колівальній поверхні акустичного випромінювача. Тому кавітаційний поріг підвищується зі зниженням рівня вмісту газу в рідині при збільшенні гідростатичного тиску після обтиснення рідини високим (близько 102 МПа) гідростатичним тиском, при охолодженні

рідини та при збільшенні частоти звуку і скороченні часу озвучування.

Бульбашки схлопуються під час напівперіодів стиснення, створюючи короточасні (близько 10^{-6} сек.) імпульси високого тиску (103 МПа та більше). Схлопування бульбашок супроводжується адіабатичним нагрівом газів в бульбашках до температури близько 140°C [11].

Інтенсивні коливання газонаповнених бульбашок як у вільному об'ємі рідини, так і поруч з поверхнею твердих тіл створюють інтенсивні потоки рідини. Завдяки цьому явищу акустична активація викликає ряд ефектів, таких як емульгування рідин та їх дегазація. Інші ефекти, наприклад, виникнення та вплив на швидкість проходження хімічних реакцій, пов'язані з іонізацією рідини при виникненні порожнин. Завдяки цим властивостям акустична кавітація знайшла своє застосування при створенні нових та удосконалених існуючих технологічних процесів.

Важливим аспектом застосування акустичної обробки є акустична активація палив та паливо-повітряних сумішей. Існують дослідження, в яких обґрунтовано доцільність застосування кавітаційної обробки палив [11].

Відомий також пристрій для ультразвукової обробки пально-повітряної суміші в карбюраторах (патент № 2244846), що являє собою пристрій для дроблення великих крапель палива за допомогою ультразвукової обробки пально-повітряної суміші в карбюраторах двигунів. Пристрій містить ультразвуковий генератор, випромінювач, встановлений безпосередньо в змішувальній камері карбюратора. Випромінювач в корпусі з бензотривкої гуми, встановлений в потік пально-повітряної суміші, випромінює при цьому коливання в двох напрямках, в яких найбільш вірогідна поява великих крапель палива. Недоліками цього пристрою для ультразвукової обробки пально-повітряної суміші в карбюраторах є його недостатня здатність подрібнювати краплі палива, що призводить до зниження кількості згорілого палива і, як наслідок, до утворення нагару в двигуні та зниження його екологічних показників.

Висновки. Аналіз літературних джерел наукових досліджень та патентної інформації показав, що явище енергетичної активації паливних сумішей двигунів внутрішнього згоряння базується на сучасних уявленнях про кінетику хімічних реакцій та теорії ланцюго-

вих реакцій. Грунтуючись на зазначених наукових основах, можна зробити висновок, що впливати на кінетику проходження реакцій згоряння паливної суміші можна шляхом зміни енергії активації молекул палива або змінюючи граничне значення енергії, необхідної для проходження реакції.

Встановлено, що недостатньо вивченими, однак перспективними методами активації палив є озонування та акустична обробка. Озонування належить до хімічних методів активації та базується на утворенні перекисних радикалів в об'ємі палива, які є більш реакційно здатними, ніж неокиснені молекули палива. Перспективним є також фізичний метод активації палива, який базується на явищі акустичної кавітації, що виникає в пально-повітряній суміші.

Список літератури

1. Семенов Н. Н. Цепные реакции / Н. Н. Семенов. – [2-е изд., испр. и доп.]. – М. : Наука, 1986. – 535 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: учеб. для вузов / [А. С. Хачиян, К. А. Морозов, В. Н. Луканин и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Высш. шк., 1985. – 311 с., ил.
3. Технология добычи природных газов / [И. М. Аметов, К. С. Басниев и др.]. – М. : Недра, 1987. – 414 с.
4. Цветкова Е. В. Применение магнитной активации топлива в обслуживании транспортно-технологических машин: сб. докл. РНПК «Проблемы функционирования систем транспорта» / Е. В. Цветкова. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – С. 439–442.
5. Классен В. И. Омагничивание водных систем. / В. И. Классен. – [2-е изд.]. – М. : Химия, 1982. – 296 с.
6. Давидзон М. И. Электромагнитная обработка водных систем в текстильной промышленности / М. И. Давидзон. – М. : Легпромбытиздат, 1988. – 178 с.
7. Девянин С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. – Х. : Новое слово, 2007. – 452 с.
8. Patent 5044346 USA, Int. Cl. F02M 33/00. Fuel activation method and fuel activation device / Inventors: Hideyo Tada, Hideaki Akuzawa; assignee: Hideyo Tada. – filed Aug. 13, 1990; date of patent Sep. 3, 1991.

9. Patent 5943998 USA, Int. Cl. F02M 27/04. Magnetic fuel enhancer / Inventor: Ed Brown, Adam Resch; assignee: 1184949 Ontario Inc. –US005943998A; filed Feb. 10, 1998; date of patent Aug. 31, 1999.
10. Ефимов Н. А. Исследование влияния электрического поля на поверхностное натяжение бензинов при их истечении / Н. А. Ефимов, В. А. Звонов, А. М. Красносельский // Двигатели внутреннего сгорания – Вып. 27. – Харьков : Изд-во ХГУ, 1978. – С. 40–46.
11. Егоров И. Н. Улучшение эксплуатационных свойств дизельных топлив в условиях сельскохозяйственного производства : дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук / И. Н. Егоров ; Великолуцкий сельскохоз. ин-т. – Великие Луки, 1983. – 292 с.

References

1. Semenov, N. N. (1986) Chain reactions. 2nd ed. Moscow: Nauka, 535 p. [in Russian].
2. Hachiyani, A. S., Morozov, K. A., Lukaniin, B. N. et al. (1985) Internal combustion engines. In : V. N. Lukanin (Ed.). 2nd ed. Moscow : Vyssh. shk., 311 p. [in Russian].
3. Ametov, I. M., Basniev, K. S. et al. (1987) The technology of extraction of natural gases. Moscow: Nedra, 414 p. [in Russian].
4. Tsvetkova, E. V. (2011) The use of magnetic activation of fuel to maintain transport and technological machines. Tumen: TGNGU, pp. 439–442 [in Russian].
5. Klassen, V. I. (1982) Magnetization of water systems. 2nd ed. Moscow: Himiya, 296 p. [in Russian].
6. Daviddson, M. I. (1988) Electromagnetic treatment of water systems in textile industry. Moscow: Legprombytizdat, 178 p. [in Russian].
7. Devianyn, S. N., Markov, V. A. and Semenov, V. G. (2007) Vegetable oils and fuels based on them for diesel engines. Kharkov: Novoe slovo, 452 p. [in Russian].
8. Patent 5044346 USA, Int. Cl. F02M 33/00. Fuel activation method and fuel activation device. Inventors: Hideyo Tada, Hideaki Akuzawa; assignee: Hideyo Tada; filed Aug. 13, 1990; date of patent Sep. 3, 1991.
9. Patent 5943998 USA, Int. Cl. F02M 27/04. Magnetic fuel enhancer. Inventors: Ed Brown, Adam Resch; assignee: 1184949 On-

- tario Inc. US005943998A; filed Feb. 10, 1998; date of patent Aug. 31, 1999.
10. Efimov, N. A., Zvonov, V. A. and Krasnoselskiy, A. M. (1987) Investigation of electric field influence on surface tension of gasolines at their end. *Dviganeli vnutrennego sgoraniya*, (27). Kharkov: Izd-vo CHGU, pp. 40–46 [in Russian].
11. Egorov, I. N. (1983) Improvement of the performance of diesel fuels in the conditions of agricultural production: theses for PhD in Engineering. Veliky Luky, 292 p. [in Russian].

I. A. Shlionchak, *associate professor*,
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine
Igor_Shlionchak@ukr.net.

STUDY OF ADVANCED PHYSICO-CHEMICAL METHODS OF ACTIVATION OF HEAVY TYPE FUEL

The analysis of the literature research and patent information has shown that the activation of energy phenomenon of fuel mixture in internal combustion engines is based on current understanding of the kinetics of chemical reactions and the theory of chain reactions.

Basing on these scientific researches it can be concluded that the influence of fuel mixture on kinetic reactions of combustion can be achieved by changing the activation energy of fuel molecules or changing energy threshold required for the reaction.

It is established that ozonization and acoustic treatment are poorly understood, but the most promising methods of activation of fuels. Ozonization belongs to chemical activation methods and is based on the formation of peroxide radicals in the volume of fuel that are more reactively capable than not oxidized fuel molecules. The method enhances the activation energy fuel molecules and the resulting change in the kinetics of the reactions of fuel burning. That is why there is actual research on the impact of ozonization heavy fuels in internal combustion engines.

Keywords: *fuel activation methods, fuel ozonization, acoustic treatment.*

*Рецензенти: О. М. Пилипенко, д.т.н., професор,
Г. В. Сокольський, д.х.н., професор*