

Ю.Ф. Гутаревич, д.т.н., проф.
А.О. Корпач, к.т.н., проф.
О.Д. Філоненко, аспір.
Є.В. Шуба, аспір.

Національний транспортний університет

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВОВМІСНИХ СПОЛУК В ДИЗЕЛЯХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Наведено аналіз літературних джерел щодо використання воднево-вмісних сполук в дизелях. Визначено можливість використання воднево-вмісних сполук в дизелях транспортних машин та їх вплив на паливну економічність, енергетичні та екологічні показники відпрацьованих газів.

Ключові слова: транспортні машини, дизель, воднево-вмісні сполуки, екологічні показники, паливна економічність.

Вступ. Сьогодні стрімкого розвитку промисловості і машинобудування набуває загрозливого характеру проблема вичерпання невідновних природних паливних ресурсів. Тому, вже багато років вчені всього світу працюють над проблемою ефективного використання наявних ресурсів зменшення споживання палив нафтового походження, не зменшуючи при цьому кількість споживачів. До того ж, в останні роки актуальною стала задача екологічної безпеки планети, адже антропогенна діяльність людини призводить до того, що вона вже не встигає самовідновлюватись в показниках екологічного балансу.

Вчені всього світу працюють над пошуком нових не традиційних палив - альтернативного палива, яке б давало таку ж мобільність у його використанні, як і вуглеводневі палива, що є зараз найпоширенішим енергоносієм для енергетичних установок автомобілів, дорожньої техніки та двигунів різного призначення. На теперішньому етапі розвитку технологічних і економічних можливостей світового суспільства найефективніші роботи ведуться у галузі модернізації вже існуючих паливних систем з метою покращення їхньої економічності, а також у покращенні екологічних показників відпрацьованих газів (ВГ). Вчені шукають альтернативні палива, або каталізatori для вже існуючих, щоб зробити їх споживання якомога нижчим, тим самим продовживши термін експлуатації вже існуючих сировинних баз. Одним з таких елементів на сьогоднішній день є водень (гідроген).

Постановка проблеми. На сьогоднішній день актуальними є дослідження направлені на вивчення закономірностей зміни витрати палива та викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів з іскровим запалюванням та дизелів автомобілів при роботі на дизельному паливі із використанням воднево-вмісних сполук.

Мета роботи – визначення можливості використання воднево-вмісних сполук у двигунах внутрішнього згоряння транспортних машин та їх вплив на екологічні показники та паливну економічність.

Викладення основного матеріалу. Водень — входить майже до всіх природних сполук, найважливіша з яких вода.

Сировина для промислового отримання водню — гази нафтопереробки, гази природні, продукти газифікації вугілля та вода.

У земній корі міститься біля 1 % за масою, або 17,25 атомних відсотки водню. Вільний водень міститься в горючих газах, що виділяються із землі. Основна маса водню знаходиться в зв'язаному стані у вигляді різноманітних сполук. Найпоширенішими з них є вода, до складу якої входить 11,19 % водню.

На сьогодні поняття водневої енергетики уже стало звичним у вжитку. Водень, як моторне паливо, має наступні характеристики: нижча теплота згоряння становить 120 МДж/кг, що перевищує теплоту згоряння існуючих рідких палив більш ніж у 2,7–2,9 рази; енергія запалювання майже в 10 разів нижча від енергії запалювання вуглеводневих палив; швидкість згоряння водню дуже висока і може більш ніж втричі перевищувати швидкість горіння вуглеводневих палив [1]; межі запалювання з коефіцієнтом надміру повітря становлять від 0,15 до 10 одиниць. Тому, регулювати потужність можливо лише складом суміші [2].

Сьогодні водень отримують, головним чином, (90 %) з викопних джерел. Зв'язок централізованого ментах потребуватиме розміщення та 1 капіталу. Одне з завдань водневої енергетики — забезпечення компактного та безпечного зберігання водню на борту транспортного засобу, з метою подовжити інтервал між заправками.

Одним із способів отримання водневовмісних сполук може бути його конвертація із вуглеводневих палив прямо на борту автомобіля, що одночасно і покращує процеси горіння в середині циліндра, і проблему зберігання водню.

Зберігати водень на борту автомобіля можна кількома способами: в балонах високого тиску, у криогенних баках та у зв'язаному стані у складі метало гідридів.

Найефективнішим способом можна вважати останній оскільки для зберігання однакової кількості водню у нього найменші ресурсозатрати та найбільш оптимальний для використання його на борту рухомого складу. Проте їх ККД не надто високий, адже навіть найефективніші установки здатні зберігати не більше 8 % водню по масі [2].

Живлення двигуна чистим воднем має як ряд недоліків (значне зниження потужності, як наслідок малої густини газу і поганого наповнення циліндрів; жорсткість роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і підвищена схильність до детонації; можливість зворотних спалахів це легке самозаймання водню), так і ряд переваг (практично повна відсутність у ВГ сполук CO, C_nH_m, а за певних умов і практично повна відсутність NO_x) [2].

Існує кілька напрямків дослідження використання водневовмісних сполук у двигунах внутрішнього згорання: від використання продуктів гідролізу розчинів лугів до створення на основі водню нових синтетичних паливних елементів з метою повної заміни вуглеводневих палив.

На заході широкого поширення набувають системи з використанням продуктів гідролізу, оскільки вони найдешевші у виробництві і дообладнання ними автомобіля не вимагає суттєвих конструктивних змін у конструкції ДВЗ. До того ж енергозатрати необхідні для отримання необхідної кількості воднево-кисневої суміші, як основного продукту гідролізу цілком можливі для бортової системи двигуна. Електролізери витрачають на одержання кубічного метра чистого водню з води близько 4 кВт/г електроенергії або близько 3 кВт/г на кубічний метр суміші водню і кисню. Діючі промислові установки витрачають на цей процес в 1,5–2 рази більше. Енергія ж, що отримується при спалюванні одного кубічного метра лише водню, становить близько 3,5 кВт/г [3]. Хоча за іншими даними вона може бути значно меншою.

Тому на даний час широко ведуться роботи з підвищення ККД електролізерів та розробки оптимальних відсоткових співвідношень по масі між воднем та вуглеводневими паливами, аби зменшити енергозатратні навантаження на бортову систему автомобіля.

Експериментальним шляхом було встановлено, що оптимальна доза водню знаходиться в межах 2–5 % залежно від типу двигуна та його об'єму. Використання даних систем на двигунах з іскровим запалюванням дає можливість покращити якість згорання палива та поліпшити екологічні показники двигунів. Вона дозволяє підвищити ККД двигуна шляхом переходу на суміші з великим надлишком повітря, особливо на режимах малих навантажень. Якості водню, як моторного палива, дозволяють реалізувати ступені збіднення, які не вдається реалізувати іншими способами. ККД двигунів можуть підвищуватись на 10–15 %, а на режимах часткових навантажень – на 17–22 %. Такі дані досліджень проведених НАМІ (Росія) та Інституту проблем машинобудування НАН України при використанні бензоводневих сумішей. До того ж, при переході на такий тип живлення ДВЗ з іскровим запалювання дозволяє зменшити витрату палива, а також викиди шкідливих речовин (ШР) у відпрацьованих газах (ВГ) [4, 5].

ВАТ «АвтоВАЗ» та Державний університет (м. Тольятті) [5], при проведенні стендових досліджень бензинового двигуна ВАЗ–2111 на бензоводневих сумішах отримав дані, які дозволяють зробити висновки про підвищення його ККД вище рівня ККД найбільш економічного на сьогодні двигуна – тихохідного дизеля с турбонаддувом (рис. 1).

Вимоги по викидам CO, C_mH_n, NO_x забезпечувались при коефіцієнті надлишку повітря $\lambda = 1,7$. Як вважають спеціалісти ВАЗ, можна прогнозувати підвищення ККД двигуна до 48 % в режимах повних навантажень та до 30 % при навантаженні 20 % від максимального.

Використання комбінованих систем живлення на дизелях досить поширене на заході. Здебільшого, вони використовуються на вантажних автомобілях, локомотивах та судноплавних дизелях. За різними даними паливна економія може складати від 10 до 20 %.

Дослідження щодо використання таких систем на реально існуючих дизелях проводяться також на території бувшого СРСР. Зокрема велику увагу приділяють дослідженню використання водню, як добавки до моторного палива на судових дизелях. За даними експериментів, на судовому дизелі без наддуву марки 2Ч13,5/14 [7] були встановлені позитивні результати використання водню, як добавки до моторного палива.

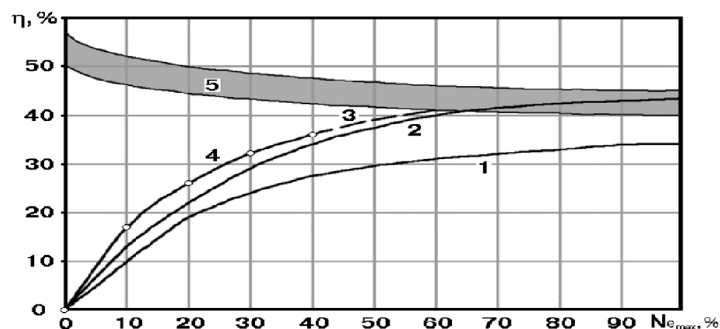


Рис. 1. Максимальний ефективний ККД ДВЗ при роботі на різних видах палива [6]:

- 1 – двигун ВАЗ–2112 на бензині; 2 – дизель з турбонаддувом; 3 – двигун ВАЗ-2111 на бензоводневій суміші; 4 – двигун ВАЗ–2106 на чистому водні;
5 – зона ККД електрохімічного генератора

Випробування двигуна проводились за двома навантажувальними характеристиками, за якими працюють дизель-генератори, при постійних частотах обертання колінчастого вала: $n = 1500/\text{хв.}^{-1}$ (номінальна) та 920 хв.^{-1} (мінімально стійка). В ході випробувань було встановлено, що додавання незначних кількостей водню по масі (0,5–2 %) може зменшити питому витрату палива до 8 %, залежно від навантаження на двигун.

Також, додавання водню суттєво впливає на поліпшення екологічних показників. В ході проведених експериментальних досліджень було виявлено, що кількість викидів вуглеводнів (C_mH_n) знизилася на 40–50 %, монооксиду вуглецю (CO) – на 15–25 %. Поряд з цим було встановлено, що викиди оксидів азоту NO_x збільшилися на 3–7 %, що пов'язане з певним підвищенням максимальної температури циклу [10]. Хоча за іншими дослідженнями оксиди азоту можуть і знижуватись. До того ж наявність додатково водню всередині камери згорання дозволяє зменшити димність, оскільки водень виступає активатором зон окиснення часточок сажі, сприяючи їх більш повному вигорянню. Вплив водню на процеси окислення азоту та сажоутворення в дизелях проявляється на різних стадіях робочого циклу. Наприклад, його реакційна здатність спричиняє розширення меж самозаймання суміші і, як результат, сприяє вигорянню зон з бідним та багатим складом паливо-повітряної суміші, що покращує сам процес горіння в середині циліндра [8].

На сьогодні водень є єдиним елементом, який здатен не тільки впливати на процеси результуючого сажоутворення, а й в сукупності оптимізувати кінетичні процеси горіння в дизелях [9]. В роботах [8, 9], як джерело водню, використовувалася конверсія метанолу. Експерименти проводились на моторному стенді з дизелем Д-144. В ході проведення випробування було встановлено зниження кількості сажі у ВГ майже вдвічі, спостерігалось певне підвищення CO, оскільки цей компонент входив до продуктів конверсії. Одночасно було відмічено зниження викидів NO_x на 16 %.

Висновок. Використання водневовмісних сполук є одним зі способів покращення паливної економічності та екологічних показників дизелів, оскільки водень має добрі характеристики моторного палива, а ще молекулярно-хімічні властивості, які здатні покращити процес згорання палива всередині циліндра, а отже і підвищити ККД двигуна.

Список використаної літератури:

1. Бахман Н.Н. Горение гетерогенных конденсированных систем / Н.Н. Бахман, А.Ф. Биляев. – М.: Наука, 1967. – 226 с.
2. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посібник. – 2-ге вид., перероб. та доп. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов та ін. – К. : Арістей, 2008. – 296 с.
3. Канар'єв Ф.М. Начала физхимии микромира : монография / Ф.М. Канар'єв. – 2010. – 1050 с.
4. Застосування водню для двигунів автомобільного транспорту. Атомно-воднева енергетика / А.І. Миценко, А.В. Білогуб, В.Д. Савицький. та ін. – 1988. – Вип. 8. – С. 115–135.
5. Сорокін А.І. Порівняльний аналіз двигунів внутрішнього згорання і енергоустановок на паливних елементах / А.І. Сорокін, Г.К. Мирзосєв. // Праці Другого Всеросійського Семінару. – Новосибірськ, Росія, 2003.
6. Коротєєв А.С. Перспективи використання водню в транспортних засобах, Водневий транспорт: Безпека, економіка / А.С. Коротєєв, В.В. Миронов, В.А. Смоляров // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAEE. – 2004. – № 1 (9). – С. 5–13.
7. Сирота А.А. Повышение экономичности судовых ДВС путем использования водорода в качестве добавок к топливу / А.А. Сирота. – Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков : НТУ ХПИ. – 2006. – Вип. 1. – 166 с.

8. *Каменев В.Ф.* Теоретичні та експериментальні дослідження роботи двигуна на дизельно-водневих паливних композиціях / *В.Ф. Каменев, В.М. Фомін, Н.А. Хрипач* // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAEE. – 2005. – № 7 (27). – С. 32–42.
9. *Фомін В.М.* Водород как химический реагент в кинетическом механизме образования углерода в дизеле / *В.М. Фомін, Р.Р. Хакимов, Д.В. Шевченко* // Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе». – 2011. – № 3 (21). – С. 10–14.
10. *Тимошевський Б.Г.* Вплив на робочі характеристики ДВЗ домішок водню на основі рідкого палива / *Б.Г. Тимошевський, М.Р. Ткач, Д.О. Шалапко* // Тези доповідей / Міжнародна науково-технічна конференція. Суднова енергетика: стан та проблеми. – 2011.

ГУТАРЕВИЧ Юрій Феодосійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів транспортними засобами;
- використання альтернативних палив в ДВЗ.

Тел.: (044)280–47–16.

КОРПАЧ Анатолій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів транспортними засобами;
- використання альтернативних палив в ДВЗ.

Тел.: (044)280–47–16.

ФІЛОНЕНКО Олександр Дмитрович – аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів транспортними засобами;
- використання альтернативних палив в ДВЗ.

Тел.: (044)280–47–16.

ШУБА Євген Васильович – аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- підвищення паливної економічності та зниження шкідливих викидів транспортними засобами;
- використання альтернативних палив в ДВЗ.

Тел.: (044)280–47–16.

Стаття надійшла до редакції 19.08.2014