

Шльончак І. А., к.т.н., доц.; Павлов О. М.; Компанієць І. В.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Здійснено літературний аналіз проблем, пов'язаних з використанням водневмісного газу у двигунах внутрішнього згоряння. Встановлено, що застосування водневмісного газу є ефективною альтернативою нафтовим паливам і забезпечує не лише зниження споживання останніх, а й підвищення їх екологічної безпеки.

Вступ. У зв'язку із постійним зростанням використання нафти проблема забезпечення транспорту енергоресурсами визнана в більшості країн світу як проблема національної безпеки. Для її вирішення втілюють різноманітні заходи пов'язаних з ефективним використанням альтернативних видів палив та підвищенням енергоефективності транспортних засобів.

У Постанові Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942 до переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року увійшли дослідження спрямовані на розвиток технологій використання нових видів палива, скидних енергоресурсів, відновлюваних та альтернативних джерел енергії, а також технологій очищення та запобігання забрудненню атмосферного повітря. Ось чому пошук нових альтернативних джерел енергії – це завдання державного значення. При цьому автомобільний транспорт є одним із основних споживачів нафтопродуктів і залишиться таким на період до 2040-2050р.р. [1, 2].

Мета роботи. Здійснити літературний аналіз використання водню та водневмісних газів і встановити їх ефективність застосування у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) з точки зору зниження витрат палива й шкідливих речовин відпрацьованих газів.

Основна частина. В наукових установах і вищих навчальних закладах України, а також в інших країнах світу постійно ведуться дослідження спрямовані на пошук шляхів покращення паливної економічності та екологічних показників автомобільних двигунів. Найбільш перспективними вважаються заходи, які можливо реалізувати в умовах експлуатації без значних конструкційних змін силових агрегатів. Наприклад, порівняно легко впровадити в умовах експлуатації інтенсифікацію процесу згоряння використанням активуючих добавок. До таких добавок належить водень або речовини, які містять його в своєму складі [2, 3].

Водень отримують, головним чином (90 %), з викопних джерел. Промислове ж його виробництво потребує розміщення та будівництва відповідної інфраструктури із залученням великого капіталу. Однак, одним із головних завдань водневої енергетики є забезпечення компактного та безпечного зберігання водню на борту транспортного засобу з метою подовження інтервалу між заправками. Одним із способів отримання водневмісних сполук може бути конвертація водню із вуглеводневих палив на борту автомобіля. Це в свою чергу одночасно інтенсифікує процес згоряння в середині циліндра і частково вирішує проблему зберігання водню [4].

Значний інтерес для дослідників становить використання водневмісного газу, отриманого в результаті електролізу водних розчинів лугів. Цей газ складається з водню і кисню (H_2/O_2) і називають «гримучий» газ або газ Брауна. В зарубіжних наукових виданнях опубліковано ряд робіт, присвячених використанню зазначеного газу.

Для генерації водню в Європі досить поширені 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 енерговитрати

необхідні для отримання відповідної 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. Хоча за іншими даними вона може бути значно меншою [5, 6].

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 енерговитратні навантаження на бортову систему автомобіля.

Ефективність використання водневмісного газу підтверджується в роботах [4, 7]. Встановлено, що використання водню у двигунах з іскровим запалюванням дає можливість покращити якість згоряння палива та покращити їх екологічні показники. Фізико-хімічні властивості водню дозволяють реалізувати ступені збіднення, які не вдається забезпечити іншими способами. ККД двигунів підвищується на 10–15 %, а в режимах часткових навантажень – на 17–22 %. До того ж, при переході на такий тип живлення ДВЗ витрата палива та викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах зменшуються.

Так, науковці ВАТ «АвтоВАЗ» та Державний університет (м. Тольятті), при проведенні стендових досліджень бензинового двигуна автомобіля ВАЗ–2111 на бензоводневих сумішах, зробили висновки про підвищення його ККД вище рівня ККД найбільш економічного на сьогодні двигуна – тихохідного дизеля с турбонаддувом [7].

На кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету були проведені дослідження впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на індикаторні показники сучасного бензинового двигуна. Добавка водневмісного газу до повітряного заряду останнього призвела до зростання ефективної потужності з 4,48 до 4,71 кВт та зменшення годинної витрати палива з 1,85 до 1,82 кг/год. Питома ефективна витрата палива, при цьому, знизилася з 413 до 386 г/(кВт·год). Економія палива становить 6,5%. Щодо рівня шкідливих речовин з відпрацьованими газами було зазначено, що концентрації оксиду вуглецю, двооксиду вуглецю, вуглеводнів залишились майже незмінними. При цьому концентрації оксидів азоту зросли з 560 до 750 млн⁻¹, що свідчить про зростання температури в циліндрах двигуна за роботи з добавкою до свіжого заряду водневмісного газу [8]. Було встановлено, що добавка 11,3 % водневмісного газу до свіжого заряду призводить до зниження годинної витрати бензину з 0,91 до 0,78 кг/год. Економія бензину становила 14,3 %. Враховуючи витрати електроенергії на проведення електролізу, найбільша економія становила 5,7 %.

Оскільки в умовах експлуатації на борту автомобіля в режимі холостого ходу отримати 11,3 % водневмісного газу досить складно, дослідниками було прийнято рішення обмежити величину добавки на рівні 4–6 %, що становило 1–1,5 л/хв. При роботі з добавкою 4 % водневмісного газу витрата бензину зменшилась на 7,7 %. З урахуванням витрат енергії на отримання газу економія палива залишилась на рівні 3 % [8].

Як встановлено в роботі [9], додавання водню суттєво впливає на поліпшення екологічних показників відпрацьованих газів. В ході проведених експериментальних досліджень авторами було виявлено, що кількість викидів вуглеводнів (С_mH_n) знизилася на 40–50 %, монооксиду вуглецю (СО) – на 15–25 %. Поряд з цим зазначається, що викиди оксидів азоту NO_x збільшилися на 3–7 %.

Згідно деяких досліджень оксиди азоту можуть знижуватись. До того ж наявність додатково водню всередині камери згоряння дозволяє зменшити димність, оскільки водень виступає активатором зон окиснення частинок 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. Це, в свою чергу, покращує процес горіння в середині циліндра [10].

В роботах [10, 11] за джерело водню використовувалася конверсія метану. Об'єктом експериментальних досліджень був дизель моделі Д-144. В результаті проведених стендових випробувань встановлено зниження кількості сажі у відпрацьованих газах майже вдвічі. Крім цього спостерігалось певне підвищення СО, оскільки цей компонент входив до продуктів конверсії. Одночасно відмічалось зниження викидів NOx на 16 %.

У роботах [12, 13] досліджено вплив добавки невеликої кількості водню на робочі показники бензинового і газового двигуна. Із отриманих даних можна зробити висновок про ідентичність механізму впливу добавки водню як на бензоповітряну, так і на метаноповітряну суміш. Добавка водню призводить до зростання швидкості згоряння і зниження StH_p , як при додаванні до бензину, так і при додаванні до стисненого природного газу.

Особливості робочого процесу дизеля при роботі з частковим заміщенням дизельного палива воднем досліджено в роботах [14-15]. Підтверджується ефективність застосування водню з точки зору покращення паливної економічності та зниження шкідливих викидів відпрацьованих газів ДВЗ.

В роботі [16] розглянуто два способи подачі водню в двигун і розроблено відповідні системи паливоподачі. Перший спосіб передбачає рівномірне насичення дизельного палива воднем у змішувальній камері форсунки і впорскування насиченого воднем палива в циліндр. Відносна маса водню, що додається, складала 0,1% циклової маси палива.

Друга система забезпечує подачу водню безпосередньо в циліндр двигуна через спеціально сконструйовану клапан-форсунку з електронним приводом, із запалюванням робочої суміші за рахунок самозапалювання порції палива, що подається через основну паливну систему. Дана система дає можливість організувати робочий процес з 10 % добавкою водню по масі до дизельного палива.

В ході досліджень тракторного дизеля 6 ЧН 13/14 з добавками водню двома способами досліджувались якісна і кількісна зміни протікання внутрішньоциліндрових процесів, що визначають показники потужності, паливної економічності та екологічні показники. При випробуваннях дизеля, оснащеного першою системою паливоподачі, досягнуто зниження питомої витрати палива на 5 – 8 %, викидів сажі на 30 – 50 %.

Однак, необхідно зазначити, що використання водню обмежене такими факторами, як безпека зберігання, відсутність компактних генераторів водню великої продуктивності та ін. У зв'язку з цим постійно ведеться пошук способів замінити водень на дешевший газ, технологія виробництва якого простіша і легко адаптується для масового виробництва. До таких газів можна віднести так звані водневмісні гази [17].

Висновки. Проведений аналіз показав ефективність застосування водню та водневмісних газів з точки зору покращення паливної економічності та зниження шкідливих речовин відпрацьованих газів ДВЗ.

Список літературних джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року» Постанова від 7 вересня 2011 р. N 942 Київ.
2. Пилипенко О.М. Система безпеки при виробництві та використанні біогазу в дизелях / Пилипенко О.М., Підгорний М.В., Шльончак І.А.// Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк - 2016 - № 55 – с. 281-286.
3. 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.
4. Застосування водню для двигунів автомобільного транспорту. Атомно-воднева енергетика / А.І. Міщенко, А.В. Білогуб, В.Д. Савицький. та ін. – 1988. – Вип. 8. – С. 115–135.

5. Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира : монография / Ф.М. Канарёв . – 2010. – 1050 с.
6. Захарчук В.І. Екологічні показники дизеля при роботі на альтернативних паливах / В.І. Захарчук, В.В. Ткачук, О.В. Захарчук // *Экология плюс*. №1. – 2011. – С. 16–19.
7. Сорокін А.І. Порівняльний аналіз двигунів внутрішнього згоряння і енергоустановок на паливних елементах / А.І. Сорокін, Г.К. Мирзоев. // *Праці Другого Всеросійського Семінару*. – Новосибірськ, Росія, 2003.
8. Гутаревич Ю.Ф. Вплив добавки водневмісного газу на склад паливоповітряної суміші бензинового двигуна. / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба // *Вісник Національного транспортного університету*. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 32, С. 100 – 107.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Шайкин А. П. Скорость распространения и ионизация пламени при сжигании бензина и метана с добавкой водорода / А. П. Шайкин, П. В. Ивашин, И. Р. Галиев // *Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета* №2 (40) 2013 г., с. 140 – 148.
13. Абрамчук Ф. И. Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесового топлива / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов, Г. В. Майстренко // *Автомоб. трансп. : сб. науч. тр.* - 2009. - Вып. 24. - С. 45-49.
14. Особенности рабочего процесса дизеля, работающего с частичным замещением дизельного топлива водородом / С. В. Новоселов, В. А. Сеницын // *Ползуновский вестник* – 2004. - № 1, с. 192 – 196.
15. Влияние добавок водорода на эффективность работы судовых дизельгенераторов / А. А. Сирота // *Авиационно-космическая техника и технология*, 2005, № 10 (26), с. 96 – 99.
16. Особенности рабочего процесса дизеля, работающего с частичным замещением дизельного топлива водородом / С. В. Новоселов, В. А. Сеницын // *Ползуновский вестник* – 2004. - № 1, с. 192 – 196.
17. Добавка водорода на режимах пуска и прогрева двигателя / Бортников Л.Н., Русаков М.М., Павлов Д.А. // *Материалы 65-ой Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров "Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров" Международного научного симпозиума «Автотракторостроение – 2009»*. Книга 2, Москва, МГТУ «МАМИ», 2009 г., с. 25.

Шльончак Ігор Анатолійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет

Павлов Олександр Миколайович – магістрант кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет

Компанієць Ігор Володимирович – магістрант кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет