

Д. О. ШАЛАПКО

*Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова,
Херсонська філія, Україна*

НЕПРЯМІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТУ ВИКОРИСТАННЯ МАЛИХ ДОМІШОК ВОДНЮ ДО ОСНОВНОГО ПАЛИВА

У статті представлено один із шляхів підвищення ефективності дизельних двигунів, яким є додавання водню до основного дизельного палива. Для проведення експериментальних досліджень процесу упрорскування палива дизельного двигуна внутрішнього згорання, що працює з додаванням малих домішок водню, був розроблений стенд на базі паливної системи дизеля 4Ч11/13. В якості приводу штатного паливного насоса високого тиску використано трифазний електродвигун потужністю 1,5 кВт. Дослідження непрямыми методами проводились для отримання додаткових характеристик впливу використання додавання малих домішок водню до основного палива на характеристики впорскування та роботу паливної апаратури в цілому. Віброакустичне дослідження проводилося з метою дослідити вплив додавання малих домішок водню до основного палива на характеристики паливної апаратури дизельного двигуна. Для проведення дослідження було використано шумомір «Robotron RFT 00024». За результатами отриманих даних видно, що залежно від наявності водневої добавки акустичні параметри паливної апаратури майже не змінюються у широкому діапазоні тиску подачі водневої домішки. Для проведення оптичного дослідження пропонується використовувати швидкісну відеозйомку, тому що один кадр (фото-знімок) несе в собі набагато менше інформації про процес розпилювання, ніж серія кадрів (відеозапис). Відеофіксація процесу розпилю паливо-водневої суміші проводилась за допомогою екшн-камери Xiaomi Yi 4K Action Camera з частотою розгортки 120fps в режимі 4К. Методи, що використовуються для знаходження об'єктів, що цікавлять, називають методами сегментації – поділу зображення на передній план і фон. Сегментація дозволяє виділити ділянки зображення, що здаються спостерігачеві однорідними; ця операція забезпечує розбиття зображення на області однакового виду. Коли струмінь палива рівномірно заповнений краплями, то на зображенні він буде зображений приблизно в один відтінок, або навпаки. Використання малих домішок водню до основного палива покращує якість сумішоутворення за рахунок подрібнення палива, що призводить до зменшення питомої витрати палива двигуном.

Ключові слова: *двигун внутрішнього згорання; водень; малі домішки водню; експериментальний стенд.*

Вступ

Обмеженість запасів викопних органічних енергоресурсів обумовлює необхідність застосування альтернативного палива і паливних добавок в транспортних установках. На найближчі десятиліття для малих і середніх транспортних і стаціонарних установок одним з основних типів двигунів залишаються турбопоршневі двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) із запалюванням від стиснення. Завдання забезпечення ефективної роботи таких двигунів може бути вирішено, зокрема, за рахунок, використання паливних добавок.

При цьому одним з найбільш перспективних способів додавання водню є використання водневих домішок до основного рідкого палива дизельних двигунів.

Аналіз сучасних літературних джерел показав,

що використання малих домішок водню до основного палива, як у впускний колектор [1], так і іншими способами чинить позитивний ефект на екологічні та економічні показники ДВЗ. Так, за результатами деяких авторів [2, 3] приріст потужності двигуна на 3...7%, а зменшення концентрації CO та CnHm на 10...27% при використанні водневих добавок. Ефект використання водню в якості паливної добавки залежить від способу подачі [4], концентрації та типу двигуна.

В даний час питанню впровадження водневої енергетики та зменшенню впливу відпрацьованих газів на довкілля приділяють увагу дуже багато вітчизняних та зарубіжних науковців. Серед них Н. Н. Патрахальцев, А. Е. Свистула, А. Р. Русинов, В. А. Вагнер, W. B. Santoso, A. Nur, S. Ariyono, R. A. Bakar, N. Saravanan, З. Х. Керимов, Р. Ш. Мисбахов, J. M. Gomes Antunes, R. Mikalsen, A. P. Roskilly та

ін. [5]. При цьому, саме процес додавання малих домішок водню залишається найменш дослідженим. Аналізуючи огляд літературних джерел так і не було знайдено достатньо інформації щодо експериментального дослідження додавання водню до дизельного палива в лінію високого тиску.

Мета роботи

Дослідження ефектів хвильових коливань в паливній апаратурі високого тиску та впливу використання малих домішок водню на процес розпилення та віброакустичні характеристики паливної апаратури.

Постановка задачі

Створення спеціалізованого стенду з комп'ютеризованою системою вимірювань; дослідження показників паливної системи високого тиску з газоподібними добавками на лінії високого тиску не прямими методами.

Як добавки до дизельного палива можливо використовувати: газомоторні палива (зріджений природний газ, стиснений природний газ, скраплені нафтові гази (пропан, бутан); спирти і бензоспиртові суміші (метиловий, етиловий, ізобутиловий та ін., спирти і їх суміші з автобензину в різних пропорціях); ефіри (метилтретбутиловий ефір (МТБЕ), метилтретаміловий ефір (МТАЕ), етил третбутилового ефіру (ЕТБЕ), дізопропиловий ефір (ДПЕ), а також диметіловий ефір (ДМЕ); синтетичні рідкі палива (СРП), отримані з природного газу і вугілля; біопалива (біоетанол, біодизель), отримані з поновлюваних видів сировини; водень і паливні елементи, що працюють на водні [6].

Серед запропонованих варіантів присадок до основного палива особливий інтерес представляє саме водень, так як відповідно до роботам В. А. Вагнера, А. Е. Свистула, М. М. Патрахальцева і ін. Навіть мінімальні добавки водню 0,1...2 % по масі мають позитивний вплив на екологічні і економічні показники дизеля [7].

Однак особливий інтерес представляє добавка водню в паливну магістраль високого тиску між паливним насосом високого тиску (ПНВТ) і форсункою. Головна ідея полягає в тому, щоб додавати водень в дизельне паливо в магістраль високого тиску на хвилі падіння тиску за допомогою спеціального пристрою. При цьому на хвилі стиску дизельне паливо насичується воднем і надходить у форсунку а далі впорскується в циліндр двигуна. Після впорскування і зниження тиску в циліндрі водень вивільняється з дизельного палива, сприяє подальшому подрібненню крапель і швидко дифундує в обсяг надпоршневого простору. Кількість водню,

який додається до циклової подачі дизельного палива, регулюється тиском водню на вході в пристрій.

Даний спосіб є дуже простим у застосуванні і не вимагає значного втручання в конструкцію двигуна. Однак у науковій літературі запропонований спосіб додавання водню мало вивчений, а також особливий інтерес представляють саме експериментальні дослідження процесу застосування малих добавок водню в паливну магістраль високого тиску і їх вплив на параметри ДВЗ [8].

Тому завданням дослідження було саме експериментальне підтвердження даної теорії і отримання якісних результатів.

Експериментальне дослідження

В сучасних швидкохідних дизелях процес подачі палива відбувається всього за 1 ... 4 мс при високій швидкості ходу плунжера ПНВТ. Стиснення і нагнітання палива має імпульсний нестационарний характер. Паливо-пружне середовище, в якому тиск поширюється зі швидкістю близькою до швидкості звуку, або перевищуючій її (1200...1600 м/с), причому будь-яка, навіть незначна зміна об'єму в заповненій гідравлічній системі викликає різку зміну тиску [9].

Імпульси тиску, що поширюються від джерела збудження, зустрічаючи перешкоди на кінцях системи, частково відбиваються і утворюють зворотні і сумарні хвилі, сильно спотворюють характеристики впорскування. В кінці подачі палива хвилі тиску, відбиваючись від закритого нагнітального клапана, можуть викликати нові поштовхи голки вже після завершення основного періоду впорскування. В результаті цього, так звані повторні впорскування палива небажані, так як тиск впорскування при цьому невеликий, а розпилювання палива грубе і неоднорідне. подача з повторними впорскуваннями призводить до підвищення димності відпрацьованих газів (ВГ), збільшенню відкладень сажі, зростанню питомої витрати палива і створить передумови для закоксування отворів розпилювача [7, 10].

Після закінчення подачі палива рух і відображення хвиль в порожнині високого тиску (штуцер насоса - нагнітальний трубопровід - форсунка) поступово згасають внаслідок незворотних втрат енергії на тертя, і в ній встановлюється залишковий тиск. Зазвичай, чим довше паливопровід і вище частота імпульсів упорскування, тим сильніше вплив хвильових явищ в системі на характеристики подачі палива. Даний фактор не має такого впливу на насос-форсунки, де нагнітальний трубопровід відсутній, і хвильовий вплив дуже малий.

Головна ідея полягає в тому, щоб додавати водень в дизельне паливо в магістраль високого тиску

на хвилі падіння тиску за допомогою спеціального пристрою. При цьому на хвилі нагнітання тиску дизельне паливо насичується воднем і надходить у форсунку, далі паливо-воднева суміш впорскується в циліндр двигуна. Після впорскування і зниження тиску в циліндрі водень вивільняється з дизельного палива, що сприяє подальшому подрібненню крапель палива і швидко дифундує в обсязі надпоршневого простору. Кількість водню, який додається до циклової подачі дизельного палива, регулюється тиском водню на вході в пристрій.

Однак, в науковій літературі не знайдено достатньо інформації про результати експериментального дослідження додавання водню до основного рідкого палива ДВЗ. Тому завданням дослідження було саме експериментальне підтвердження даної теорії і отримання якісних результатів.

Одним з методів дослідження є фізичне моделювання, яке дозволяє отримати досить точні результати. Процеси хвильових коливань і можливості застосування добавок на хвилі розрідження вимагають подальшого теоретичного і експериментального дослідження для визначення умов раціональних параметрів подачі добавки і регулювання процесу упорскування палива. З метою детального вивчення цих процесів була розроблена і створена експериментальна установка ДВС-1-МДВ на базі паливної системи дизеля Д65 (4С11/13). Схема експериментальної установки представлена на рис. 1. Експериментальна установка складається з наступних підсистем:

- підсистема (на базі паливної системи двигуна Д65) для дослідження параметрів упорскування палива з додаванням газоподібного водню;
- підсистема для проведення віброакустичних досліджень;
- підсистема для проведення оптичних досліджень;
- підсистема вимірювань;
- підсистема автоматики і регулювання.

Для проведення експериментальних досліджень процесу упорскування палива дизельного ДВС, що працює з додаванням малих домішок водню, був розроблений стенд на базі паливної системи дизеля 4С11/13. В якості приводу штатного ПНВТ використано трифазний електродвигун потужністю 1,5 кВт.

З балона 1, об'ємом 5 літрів, водень надходить в клапан додавання присадки 4 через редуктор 2. Клапан 4 встановлюється перед штуцером штатної форсунки 12, змонтованої на штанзі і встановленої розпилювачем в мірну склянку 11. Паливний насос високого тиску (ТНВД) 7 наводиться в дію від трифазного електродвигуна змінного струму 5, поєднаного через муфту, і працює через частотний перетворювач для регулювання частоти обертання валу. На сполучній муфті ТНВД і електродвигуна встановлений цифровий тахометр. Витрата палива через ТНВД вимірювався по мірному склянці 11. Для реєстрації тиску водню встановлено тензоелектричний датчик тиску "ОВЕН ПД100-ДІ6,0" 3.

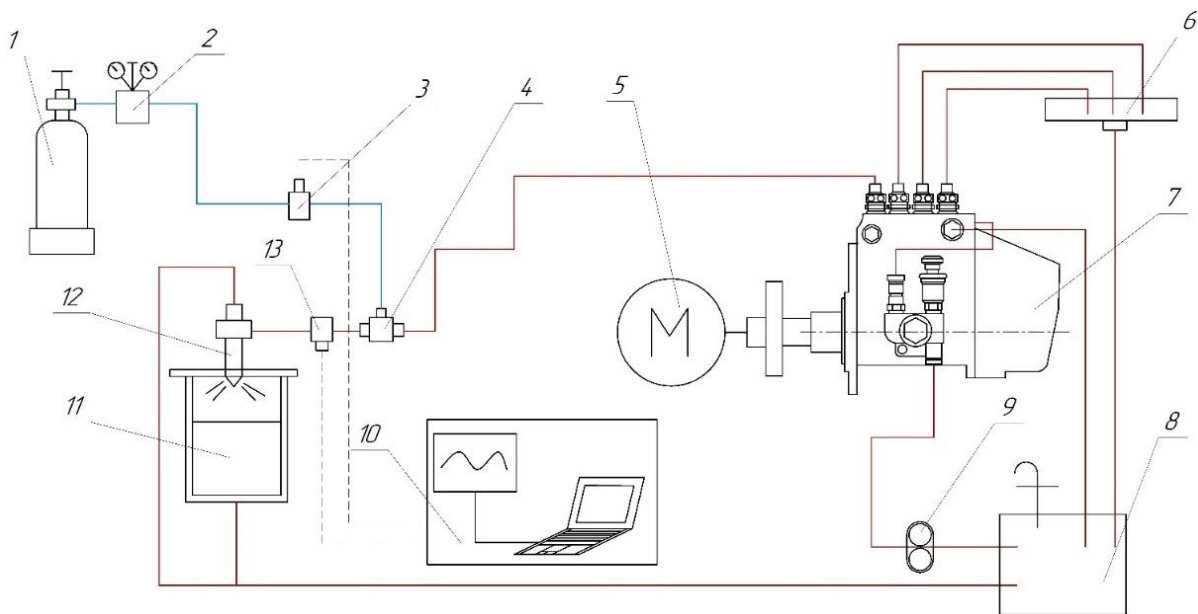


Рис. 1. Схема установки: 1 – балон з воднем; 2 – редуктор водневий промисловий; 3 – датчик тиску; 4 – клапан додавання водню; 5 – електродвигун; 6 – ємність скидання палива; 7 – ПНВТ; 8 – видаткова цистерна; 9 – насос паливний; 10 – комп'ютерна система зняття і обробки даних; 11 – ємність для впорскування; 12 – форсунка; 13 – датчик тиску

Величина тиску в паливній магістралі перетворюється в струмовий сигнал динамічним волоконно-оптичним датчиком тиску для високотемпературних вимірювань тиску «Optrand AutoPSI-S2000» 13 з верхньою межею вимірювань 200 МПа і вихідним сигналом 0.5 ... 5 В. Це дозволяє визначити момент початку вприскування палива, якісно оцінити величину тиску палива і досліджувати процеси в трубопроводі високого тиску.

Сигнали первинних датчиків від стенду ДВС-1-МДВ надходять в електронному вигляді до USB-осцилографа і в комп'ютеризовану систему вимірювання та реєстрації даних «IRIS» 10.

Віброакустичний метод дослідження паливної апаратури.

Віброакустичне дослідження проводилося з метою дослідити вплив додавання малих домішок водню до основного палива на характеристики паливної апаратури дизельного двигуна. Для проведення дослідження було використано шумомір «Robotron RFT 00024» (рис. 2) з характеристиками наведеними в табл. 1. Чутливий елемент шумоміра було винесено на максимально близьку та безпечну відстань від елементів паливної апаратури. Сигнал шумоміру опрацьовувався в реальному часі за допомогою USB-осцилографа «IRIS» та виводився на екран ПК.

Враховуючи особливості обробки звукових коливань, було вирішено опрацьовувати максимальні та середні значення звукових коливань (рис. 3).



Рис. 2. Шумомір Robotron RFT 00024

За результатами отриманих даних видно, що не залежно від наявності паливної добавки віброакустичні параметри паливної апаратури майже не змінюються у широкому діапазоні тиску подачі водневої домішки.

Оптичне дослідження паливної апаратури.

Для дослідження процесу розпилювання дизельного палива був розроблений стенд швидкісної відеозйомки струменя розпиленого палива, схема якого зображена на рис. 4.

Пристрій управління роботою лабораторної установки (1) подає імпульс на блок управління, вмикаючи роботу ПНВТ та подаючи паливо до форсунки (3). Імпульс від датчика (2) надходить на блок

синхронізації (5). Таким чином, здійснюється синхронізація запуску роботи відеокамери з моментом початку роботи паливного насоса та розпилення форсункою. По кабелю контролеру від відеокамери (4) інформаційний сигнал передається в персональний комп'ютер (6). Паливний струмінь, що розпилюється на форсункою (3), рухається паралельно поверхні екрану.

Водень до паливної лінії високого тиску надходить від балону з залишковим тиском 5 МПа.

Таблиця 1
Технічні характеристики шумоміра «Robotron RFT 00024»

Діапазон рівнів без перемикання:	109,9дБ – при А, С и LIN;
при зовнішньому фільтрі	69,9 дБ
лінійна область модуляції при цьому миттєвому показанні.	10 дБ до + 20 дБ
лінійний акустичний	30 Гц ... 20 кГц
Габарити	340x119x207 мм
Маса	4,7 кг

Відеофіксація проводилась за допомогою відеокамери Xiaomi Yi 4K Action Camera з частотою розгортки 120fps в режимі 4К.

У відомих з літературних джерел випадках обробці піддається окреме фотозображення струменя. У даній роботі в запропонованому методі досліджуються яскравості зони серії зображень паливних струменів в їх розвитку, при цьому обробці піддаються зазвичай декілька циклів розпилювання, в кожному з яких від 5 до 15 кадрів. Серія зображень обробляється автоматично. Таким чином, метод дозволяє досліджувати динаміку зміни площ яскравості різних зон струменів.

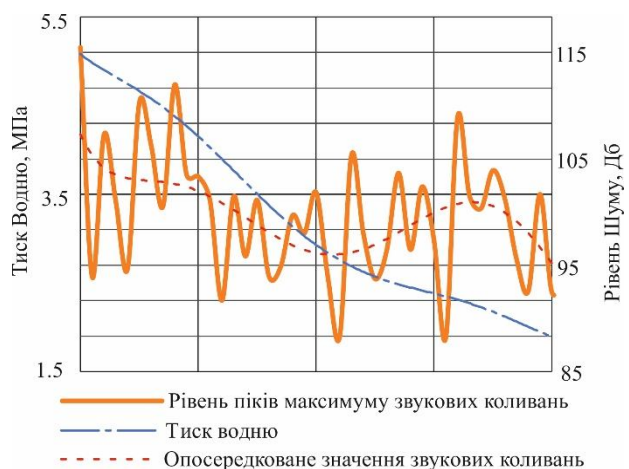


Рис. 3. Діаграма залежності акустичних коливань від тиску подачі водню

Для дослідження пропонується використовувати швидкісну відеозйомку, тому що один кадр (фотознімок) несе в собі набагато менше інформації про процес розпилювання, ніж серія кадрів (відеозапис). Однак, недоліком швидкісної відеозйомки є мерехтіння яскравості кадрів. Отже для запобігання мерехтіння яскравості було обрано використання підсвічених негативів зображення (рис. 5).

Паливна струмінь має нечіткі обриси, тому визначення меж паливної струменя є окреме завдання. При аналізі об'єктів на зображеннях виникає завдання виділяти ті, які представляють інтерес для дослідника. Методи, що використовуються для знаходження об'єктів, що цікавлять, називають методами сегментації - поділу зображення на передній план і фон. Сегментація дозволяє виділити ділянки зображення, що здаються спостерігачеві однорідними; ця операція забезпечує розбиття зображення на області однакового виду. Немає універсально придатного методу сегментації, який давав би прийнятний результат на всіх зображеннях, тобто відсутній досконалий метод сегментації.

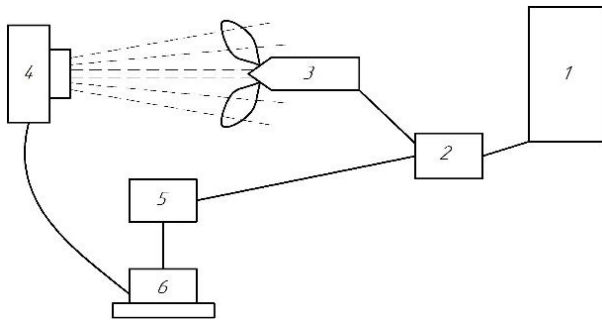
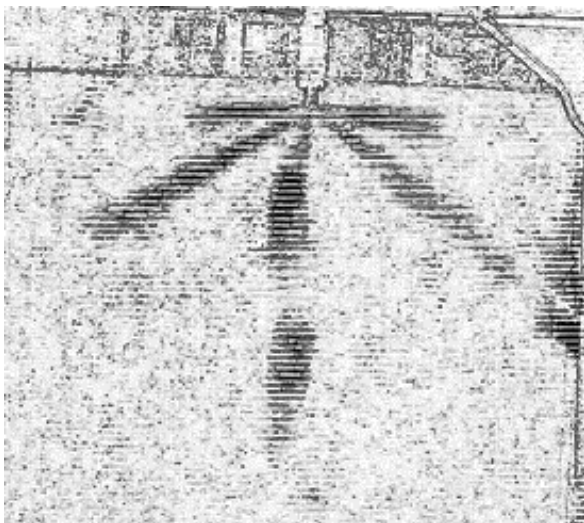
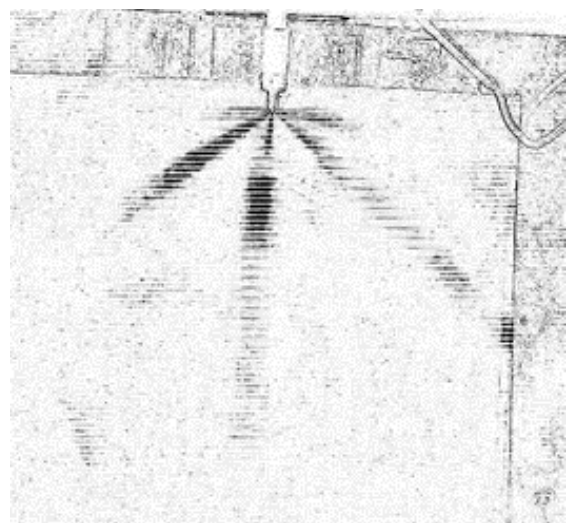


Рис. 4. Схема стенду відеофіксації



а



б

Рис. 5. Знімки фотофіксації розпилювання палива форсункою:
а – без добавок, б – з водневою добавкою

Обробка зображень паливних струменів.

Для обробки реєстрованих зображень паливної струменя була використана комп'ютерна програма «CorelDRAW Graphics Suite».

Згідно ідеалізованому опису струменя палива, він має конусоподібний вигляд і в центральній своїй частині більш щільний, ніж на периферії. Коли струмінь палива рівномірно заповнений краплями, то на зображенні він буде зображений приблизно в один відтінок, або навпаки.

Даним методом дослідження можна врахувати інтегральну зміну процесу розпилю.

Проте після обробки зображення та зважаючи на зовнішні характеристики розпилювання струменя палива, аналіз отриманих зображень показав, що наявність домішок водню призводить до:

- зменшення середнього діаметру крапель палива;
- зафіксовано, що зі збільшенням концентрації газу (повітря) в паливі зменшується далекобійність струменя L і збільшується його ширина B .
- контур факела набуває каплевидної форми;
- не спостерігається загострення при його вершині, можна припустити, що в якійсь мірі руйнується надзбагачена серцевина струменя;
- значно збільшується кут розкриття факела.

Однак це лише непрямі методи дослідження, проте для дослідження впливу на процеси всередині циліндру ДВЗ необхідно провести дослідження на реальному двигуні. Проведення таких дослідів дасть змогу отримати комплексні результати щодо використання малих домішок водню до палива дизельного ДВЗ, а також дослідити їх вплив на його економічні та екологічні характеристики.

Висновки

1. Розроблено стенд для дослідження паливної апаратури з використанням малих домішок водню.
2. При проведенні віброакустичних досліджень підмічено, що використання малих домішок водню не має особливого впливу на режим роботи паливної апаратури.
3. За результатами оптичного дослідження відмічено, що використання малих домішок водню суттєво впливає на розпилювання палива, в особливості зменшує далекобійність струменя та призводить до зменшення середнього діаметра крапель палива.
4. Використання малих домішок водню покращує якість сумішоутворення за рахунок покращення розпилювання палива, що призводить до зменшення питомої витрати палива двигуном.

Література

1. Karagöz, Y. *Effect of hydrogen addition at different levels on emissions and performance of a diesel engine* [Text] / Y. Karagöz // *Journal of Thermal Engineering*. – 2018. – Vol. 4, No. 2. – P. 1780-1790.
2. *Evaluation of intake charge hydrogen enrichment in a heavy-duty diesel engine*, *Proceeding of IMechE Part D* [Text] / E. Monemian, A. Cairns, M. Gilmore, D. Newman, K. Scotts // *Journal of Automobile Engineering*. – 2017. – Vol. 232, Iss. 1. – P. 139-147. DOI: 10.1177/0954407017738375.
3. *The Effects of Small Amount of Hydrogen Addition on Performance and emissions of a direct injection compression ignition engine* [Text] / A. Demirci, et al. // *Thermal science*. – 2018. – Vol. 22, No. 3. – P. 1395-1404.
4. *Gomes Antunes, J. M. An experimental study of a direct injection compression ignition hydrogen engine* [Text] / J. M. Gomes Antunes, R. Mikalsen, A. P. Roskilly // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2009. – Vol. 34, Iss. 15. – P. 6516-6522.
5. *Szwaja, S. Hydrogen combustion in a compression ignition diesel engine* [Text] / S. Szwaja, K. Grab-Rogalinski // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2009. – Vol. 34, Issue 10. – P. 4413-4421. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2009.03.020.
6. Шкаликова, В. П. *Применение нетрадиционных топлив в дизелях* [Текст] : моногр. / В. П. Шкаликова, Н. Н. Патрахальцев. – М. : Изд-во РУДН, 1993. – 64 с.
7. *Патрахальцев, Н. Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив* [Текст] : учебное пособие / Н. Н. Патрахальцев. – М. : РУДН, 2008. – 248 с.

8. Тимошевський, Б. Г. *Поліпшення робочих характеристик дизельних двигунів за допомогою додавання водню* [Текст] / Б. Г. Тимошевський, М. Р. Ткач, Д. О. Шалапко // *Водный транспорт*. – 2016. – №2 (25). – С. 24-28.

9. Тимошевський, Б. Г. *Основні положення математичної моделі додавання водню на лінії високого тиску паливної апаратури* [Текст] / Б. Г. Тимошевський, М. Р. Ткач, Д. О. Шалапко // *Вісник Херсонського національного технічного університету*. – 2017. – Вип. 3(62), Т. 1. – С. 233-237.

10. *Утилизация теплоты вторичных энерго-ресурсов судовых малооборотных двигателей, работающих на альтернативном топливе* [Текст] / М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевский, С. М. Доценко, Ю. Н. Галынкин, Д. О. Шалапко // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2017. – № 2. – С. 8-13.

References

1. Karagöz, Y. *Effect of hydrogen addition at different levels on emissions and performance of a diesel engine*. *Journal of Thermal Engineering*, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 1780-1790.
2. Monemian, E., Cairns, A., Gilmore, M., Newman, D., Scotts, K. *Evaluation of intake charge hydrogen enrichment in a heavy-duty diesel engine*, *Proceeding of IMechE Part D. Journal of Automobile Engineering*, 2017, vol. 232, Iss. 1, pp. 139-147. DOI: 10.1177/0954407017738375
3. Demirci, A., et al. *The Effects of Small Amount of Hydrogen Addition on Performance and emissions of a direct injection compression ignition engine*. *Thermal science*, 2018, vol. 22, no. 3, pp. 1395-1404.
4. Gomes Antunes, J. M., Mikalsen, R., Roskilly, A. P. *An experimental study on a direct injection of compression ignition hydrogen engine*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2009, vol. 34, iss. 15, pp. 6516-6522.
5. Szwaja, S., Grab-Rogalinski, K. *Hydrogen combustion in a compression ignition diesel engine*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2009, vol. 34, iss. 10, pp. 4413-4421. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2009.03.020
6. Shkalikova, V. P., Patrahaltsev, N. N. *Primenenie netradicionnyh topliv v dizeljah* [Application of unconventional fuels in diesel engines] Moscow, RUDN Publ., 1993. 64 p.
7. Patrahaltsev, N. N. *Povyshenie jekonomicheskikh i jekologicheskikh kachestv dvigatelej vnutrennego sgoraniya na osnove primenenija al'ternativnyh topliv: Ucheb. posobie*. [Increase of economical and ecological qualities of internal combustion engines based on the

use of alternative fuels: Textbook. Allowance]. Moscow, RUDN Publ., 2008. 248 p.

8. Timoshevsky, B. G., Tkach, M. R., Shalapko, D. O. Polipshennya robochy'x karaktery'styk dy'zel'ny'x dvy'guniv za dopomogoyu dodavannya vodnyu [Improving the performance of diesel engines by adding hydrogen]. *Water transport*, 2016, no. 2 (25), pp. 24-28.

9. Timoshevsky, B. G., Tkach, M. R., Shalapko, D. O. Osnovni polozhennya matematy'chnoyi modeli dodavannya vodnyu na liniyi vy'sokogo ty'sku paly'vnoyi aparatury' [Basic provisions of the mathe-

tical model of hydrogen addition on the line of high pressure of the fuel aperture]. *Bulletin of the Kherson National Technical University*, 2017, no. 3 (62), vol. 1, pp. 233-237.

10. Tkach, M. M., Timoshevsky, B. G., Dotsenko, S. M., Galinkin, Yu. N., Shalapko, D. O. Utilizacija teploty vtorichnyh jenergoresursov sudovyh maloobrotnyh dvigatelej, robotajushhih na al'ternativnom toplive [Utilization of heat of secondary energy resources of ship's low-speed engines, working on alternative fuels]. *Internal combustion engines, Scientific and Technical Journal*, 2017, no. 2, pp. 8-13.

Поступила в редакцию 5.11.2018, рассмотрена на редколлегии 12.12.2018

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТА ПРИМЕНЕНИЯ МАЛЫХ ДОБАВОК ВОДОРОДА В ОСНОВНОЕ ТОПЛИВО

Д. О. Шалапко

В статье представлен один из путей повышения эффективности дизельных двигателей, которым является добавление водорода к основному дизельному топливу. Для проведения экспериментальных исследований процесса впрыска топлива дизельного ДВС, работающий с добавлением малых примесей водорода, был разработан стенд на базе топливной системы дизеля 4Ч11/13. В качестве привода штатного топливного насоса высокого давления использовано трехфазный электродвигатель мощностью 1,5 кВт. Исследование косвенным методом проводилось для получения дополнительных характеристик влияния использования добавления малых примесей водорода к основному топливу на характеристики впрыска и работу топливной аппаратуры в целом. Виброакустический исследование проводилось с целью исследовать влияние добавления малых примесей водорода к основному топливу на характеристики топливной аппаратуры дизельного двигателя. Для проведения направленных исследований были использованы шумомер «Robotron RFT 00024». По результатам полученных данных видно, что в зависимости от наличия водородной добавки акустические параметры топливной аппаратуры почти не меняются в широком диапазоне давления подачи водородной примеси. Для проведения оптического исследования предлагается использовать скоростную видеосъемку, так как один кадр (фотоснимок) несет в себе гораздо меньше информации о процессе распыления, чем серия кадров (видеозапись). Видеофиксация процесса распыления топливно-водородной смеси проводилась с помощью экшн-камеры Xiaomi Yi 4K Action Camera с частотой развертки 120fps в режиме 4K. Методы, используемые для нахождения интересующих объектов, называются методами сегментации - разделения изображения на передний план и фон. Сегментация позволяет выделить участки изображения, которые кажутся наблюдателю однородными; эта операция обеспечивает разбиение изображения на области одинакового вида. Когда струя топлива равномерно заполнена каплями, то на картинке он будет показан примерно в один оттенок, или наоборот. Использование малых примесей водорода к основному топливу улучшает качество смесеобразования за счет измельчения топлива, что приводит к уменьшению удельного расхода топлива двигателем.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; водород; малые примеси водорода; экспериментальный стенд.

INDIRECT INVESTIGATION METHODS OF THE EFFECT OF SMALL HYDROGEN IMPURITIES INTO THE MAIN DIESEL FUEL

D. O. Shalapko

The article presents one of the ways to increase the efficiency of diesel engines, which is the addition of hydrogen into the main diesel fuel. For the purpose of conducting experimental researches of the fuel injection process of a diesel ICE, which works with the addition of small impurities of hydrogen, a platform was developed on the

basis of the D65 diesel fuel system. The three-phase electric engine with a power of 1.5 kW was applied as a drive of a standard high-pressure fuel pump. Investigations by indirect methods were conducted to obtain additional characteristics of the influence of the application of the addition of small impurities of hydrogen to the main fuel on the characteristics of the injection and the operation of the fuel equipment in general. The vibroacoustic study was conducted to investigate the effect of adding small impurities of hydrogen into the main fuel on the characteristics of the diesel equipment of engine. Robotron RFT 00024 was applied to carry out the research. According to the results of the obtained data, it is evident that, depending on the presence of the hydrogen impurities, the acoustic parameters of the fuel equipment are almost unchanged in the wide range of pressure of the supply of hydrogen impurity. For optical research, it is suggested to apply high-speed video shooting, since one frame (photo-shot) carries much less information about the process of sawing than a series of shots (video). The video filtration of the fuel-hydrogen mixture was carried out using the Xiaomi Yi 4K Action Camera, with a refresh rate of 120 fps in 4K mode. The methods applied to find objects of interest are called segmentation methods – the division of the image into the foreground and the background. Segmentation allows to select areas of the image that appear to the observer homogeneous; this operation provides a split image in the same area. When a fuel jet is evenly filled with droplets, it will be depicted in an image in approximately one shade or vice versa. The application of small impurities of hydrogen into the main fuel improves the quality of the impurities' formation due to the fuel shredding, which leads to a reduction in the specific fuel consumption of the engine.

Keywords: internal combustion engine; hydrogen; small impurities hydrogen; experimental platform.

Шалапко Денис Олегович – здобувач, викладач, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, Херсонська філія, Херсон, Україна.

Shalapko Denys Olegovich – competitor, lecturer, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson Branch, Kherson, Ukraine, e-mail: denys.shalapko@nuos.edu.ua.

https://scholar.google.com.ua/citations?user=yy_uCNkAAAAJ&hl=ru

<https://orcid.org/0000-0002-4311-3908>

<http://www.researcherid.com/rid/V-4860-2017>