

УДК 621.436.12
UDC 621.436.12

СТВОРЕННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЯ, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ГАЗОДИЗЕЛЬНИМ ЦИКЛОМ

Ковбасенко С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Петренко В.Г., кандидат технічних наук, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна, petrko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6591-9550

Голик А.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, andrexaznk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0994-9541

CREATION AND TUNING OF A MICROPROCESSOR-BASED SYSTEM FOR DIESEL ENGINES OPERATING ON A DIESEL-GAS CYCLE

Kovbasenko S.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Petrenko V.G., Ph.D., Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine, petrko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6591-9550

Holyk A.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, andrexaznk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0994-9541

СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПО ГАЗОДИЗЕЛЬНОМУ ЦИКЛУ

Ковбасенко С.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Петренко В.Г., кандидат технических наук, КПИ им. Игоря Сикорского, Киев, Украина, petrko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6591-9550

Гольк А.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, andrexaznk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0994-9541

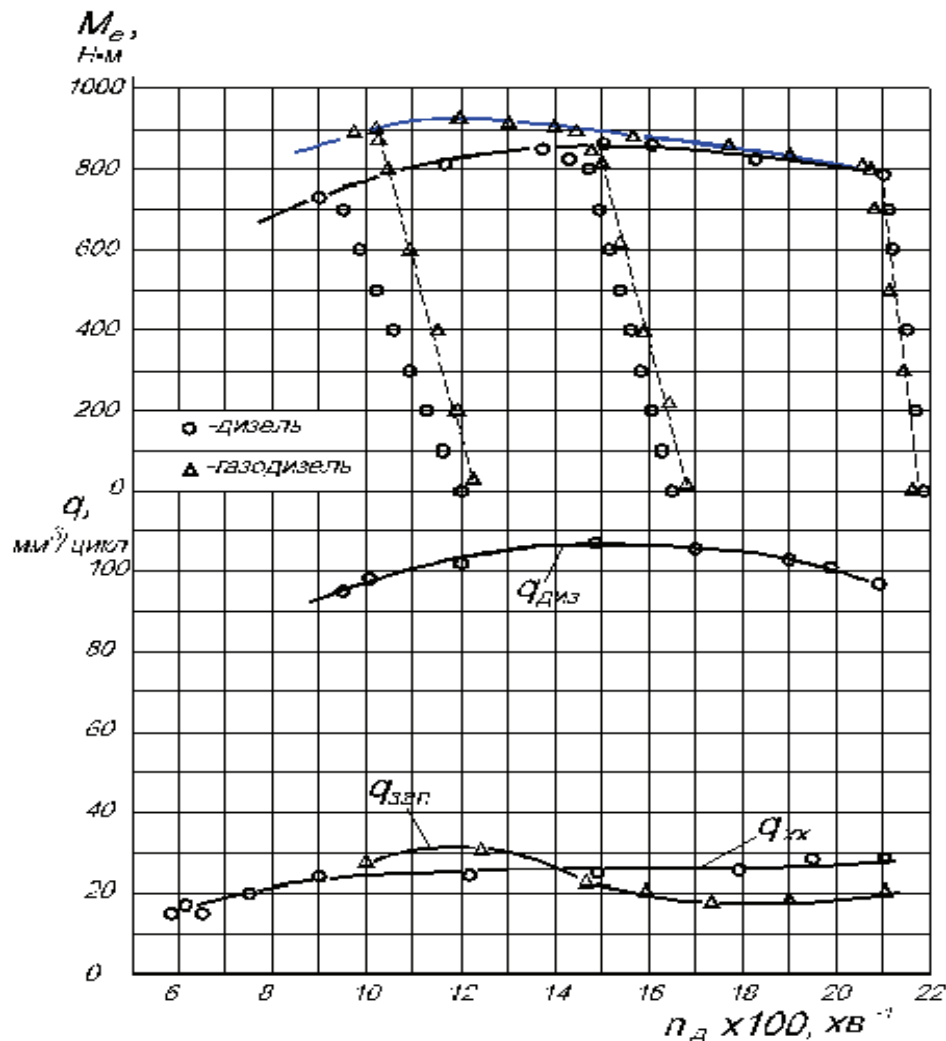
Вступ. Дизель – один із основних споживачів рідкого вуглеводного палива, запаси якого вичерпуються. За даними British Petroleum запасів сирової нафти при нинішніх темпах споживання вистачить приблизно на 50 років [1]. Для України, яка імпортує значну кількість сирової нафти та нафтопродуктів проблеми паливного забезпечення дизелів є особливо актуальними. Крім того, з кожним роком кількість транспорту в містах зростає і проблема екологічної безпеки стає більш гострою [2]. Вирішити зазначені проблеми можливо використанням більш екологічно чистих моторних палив. В якості альтернативи для часткової заміни традиційного нафтового палива та поліпшення екологічних показників може бути використання стисненого природного газу (СПГ) [3]. Основний екологічний ефект, який отримується при згорянні природного газу в дизелях, це значне зменшення викидів твердих частинок (димність відпрацьованих газів дизеля), які є основними носіями токсичних та канцерогенних речовин. В зв'язку з цим останні десятиліття не зменшується інтерес до використання СПГ в якості моторного палива для дизелів.

Мета роботи. Розробка і налаштування мікропроцесорної системи живлення для поліпшення паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників та розширення паливної бази дизелів дорожніх транспортних засобів (ДТЗ), що перебувають в експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Широкі дослідження з переобладнання дизелів в газодизелі проведені в Національному транспортному університеті та КПІ ім. Ігоря Сікорського [4, 5]. Розроблена газодизельна система ГД-КПІ в КПІ ім. Ігоря Сікорського спільно з виробничо-комерційною компанією «АвтоГазГлобал» призначена для встановлення на дизель з паливним насосом високого тиску (ПНВТ) з механічним регулюванням [4]. Характерною особливістю системи живлення є безперервне впорскування СПГ до впускного колектора двигуна під змінним надлишковим тиском залежно від режиму роботи газодизеля. Такий спосіб подачі газу має забезпечити більшу точність дозування газового палива та забезпечити гомогенність газоповітряної суміші. Другою особливістю системи ГД-КПІ є збереження всережимності регулювання частоти

обертання колінчастого вала (КВ) при роботі, як за дизельним, так і за газодизельним циклах, що має істотне значення для великовантажних автомобілів і тракторів, які працюють у тяжких умовах різкої зміни навантажень.

Для прикладу на рис. 1 показано порівняльну зовнішню характеристику дизеля ЯМЗ-238М2 при його роботі за дизельним та газодизельним циклами.



M_e – ефективний крутний момент; q – циклова подача дизельного палива;
 n_d – частота обертання КВ двигуна

Рисунок 1 – Зовнішня швидкісна характеристика газодизеля ЯМЗ-238М2 при роботі за дизельним та газодизельними циклами

Figure 1 – External speed characteristic diesel-gas YaMZ-238M2 which working on diesel and diesel-gas cycles

Як видно з наведеної характеристики (рис. 1), запальна доза дизельного палива (ДП) газодизеля q_{zap} складає 18...30 мм³/цикл в зоні швидкісної характеристики, що становить близько 20...30 % циклової подачі рідкого палива дизелем ($q_{диз}$) в тому ж режимі.

Максимальний крутний момент за роботи за дизельним циклом складає 880 Нм при частоті обертання КВ 1500 хв⁻¹, тоді як за роботи двигуна за газодизельним циклом він збільшився на 4,5 % і складає 920 Нм при частоті обертання КВ 1200 хв⁻¹.

Дослідженнями щодо створення систем живлення займаються всесвітньо відомі компанії в усьому світі. Компанія Bosch здійснює розробку та випробування систем живлення у Південній Америці, зокрема, в Бразилії. В 2012 році компанія Bosch представила газодизельну систему живлення DG-Flex або Diesel-Gas System – Bosch [6], яка призначена для використання на вантажних автомобілях та автобусах. На рис. 2 показана принципова схема газодизельної системи живлення DG-Flex.

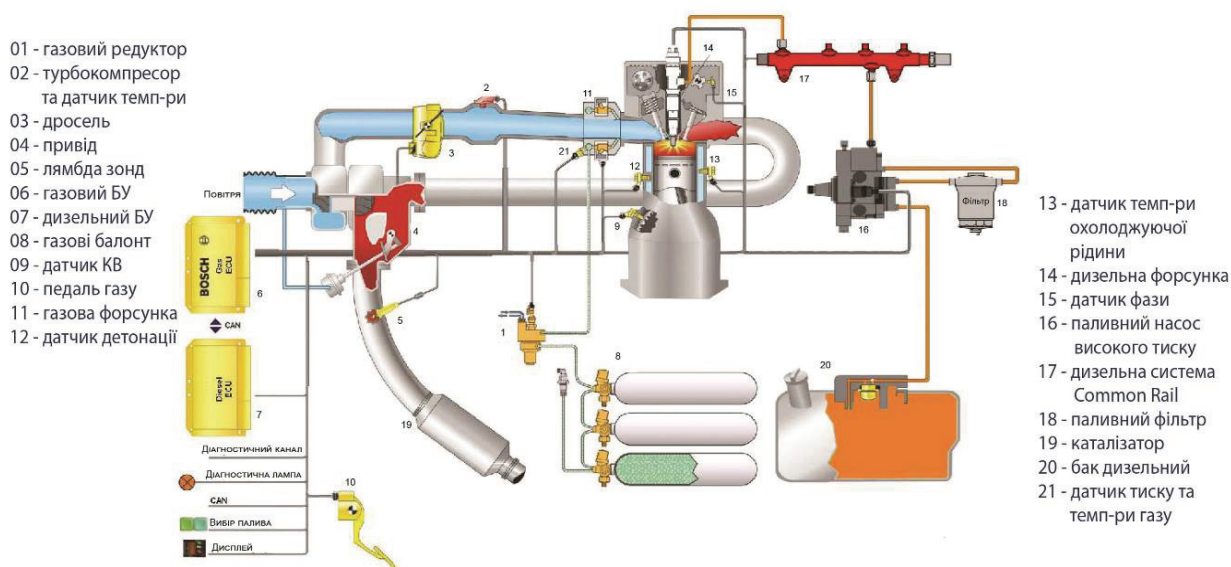


Рисунок 2 – Схема принципова газодизельної системи DG-Flex BOSCH
 Figure 2 – Principal scheme of diesel-gas system DG-Flex BOSCH

Як видно зі схеми, газодизельна система живлення DG-Flex призначена для двигунів з системою подачі дизельного палива Common Rail. В системі використовуються: датчик температури повітря, лямбда зонд (широкосмуговий датчик повітря), датчик детонації, датчик температури охолоджуючої рідини, датчик клінчастого вала, датчик фази, датчик тиску та температури газу і, головне, газовий блок управління.

Використання газодизельної системи живлення DG-Flex дозволяє зменшити загальну об’ємну витрату палива (СПГ+ДП) на 13%, а витрати на паливо – на 39%. Частка заміщення ДП природним газом складає 74 %.

На рис. 3 показано агрегати газодизельної системи живлення Solaris Diesel Dual Fuel (Польща) [7]. Газодизельна система живлення, розроблена компанією Solaris включає: автоматичне керування впорскування газу (автоматичне калібрування), перевірку рівня витрати палива в реальному часі, дистанційне діагностування, помічник водія, який допомагає водію вибрати режим роботи, а також датчик клапанів заправки газу.

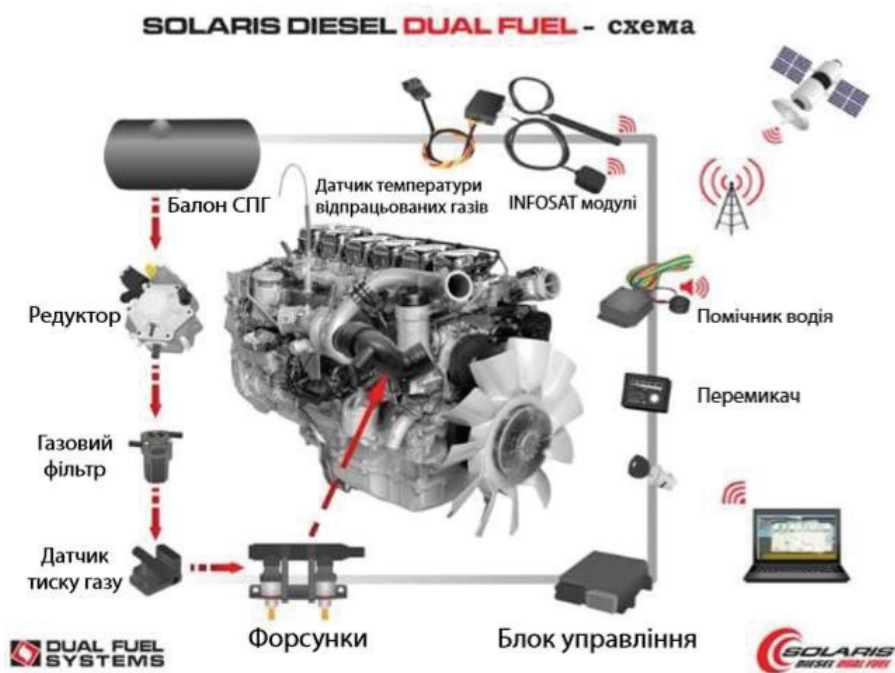


Рисунок 3 – Агрегати газодизельної системи Solaris
 Figure 3 – Units of Solaris diesel-gas system

Однак, ця система має відносно незначну частку заміщення ДП газовим паливом, яка складає 50 %. Така система призначена для встановлення на автобуси, самоскиди, трактори, смітєвози, екскаватори-навантажувачі, однокішєві екскаватори, вантажівки та мікроавтобуси. Використання такої газодизельної системи живлення забезпечує зменшення загального об’єму викидів на 20 %, а саме: викиди NO_x зменшуються на 8,52 %, викиди CO_2 – на 4,5 %, викиди твердих частинок зменшуються на 85 %.

На рис. 4 показана принципова схема газодизельної системи живлення скандинавського виробника тракторів Valtra [8]. Газодизельна система живлення призначена для дизелів з системами Common Rail. Цікавою особливістю системи є наявність каталізатора на виході з системи випуску для додаткового зменшення викидів метанових та неметанових вуглеводневих сполук та CO .

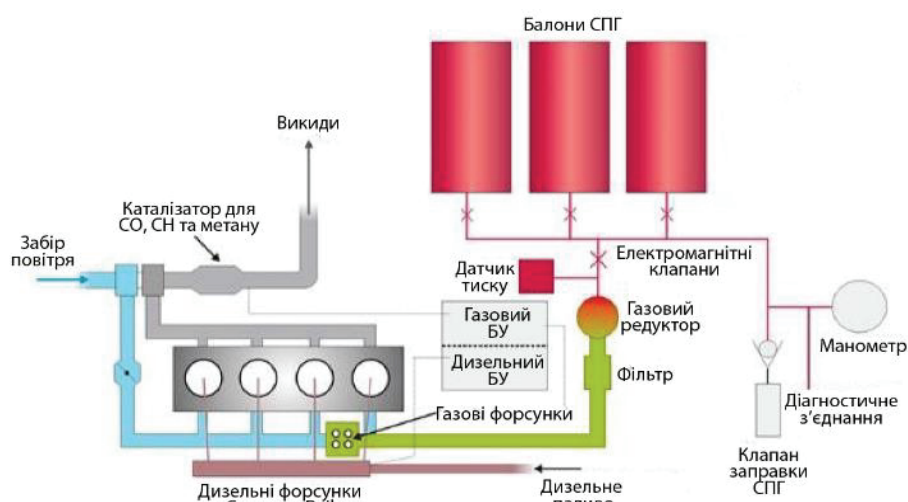


Рис. 4. Схема газодизельної системи Valtra

Figure 4 – Scheme of Valtra diesel-gas system

В таблиці 1 наведено показники трактора N103.4 HiTech при роботі за дизельним та газодизельним циклами.

Як видно з таблиці, за роботи за газодизельним циклом потужність двигуна не змінюється, а максимальний крутний момент дещо більший, 480 Нм в порівнянні з 460 Нм, при меншій частоті обертання КВ , 1400 хв^{-1} і 1500 хв^{-1} , відповідно. Частка заміщення ДП стисненим природним газом сягає 83%.

Таблиця 1 – показники трактора N103.4 HiTech з дизельною та газодизельною системами

Table 1 – indicators of tractor N103.4 HiTech with diesel and diesel-gas systems

Показник	Дизель	Газодизель
Потужність, кВт/хв^{-1}	69/2000	69/2000
Крутний момент, Нм/хв^{-1}	460/1500	480/1400
Співвідношення ДП/СПГ, %	100/0	17/83

Італійська газодизельна система живлення компанії Landirengo [9] для легкого, середнього та важкого комерційного транспорту включає в себе: газобалонне обладнання, перемикач з дизельного режиму роботи на газодизельний, блок керування, редуктор-регулятор, електромагнітні газові форсунки, газовий фільтр та датчики.

Частка заміщення ДП в такій системі 45 % у середнього та важкого комерційного транспорту та 50 % у легкого комерційного транспорту. Використання такої газодизельної системи дозволяє зменшити викиди CO_2 на 12 %, а викиди твердих частинок – на 40 %. Витрати на паливо під час експлуатації зменшуються на 22 %.

В 2012 році компанія Caterpillar представила систему Cat® Dynamic Gas Blending™ (DGB) для двигунів 3512C DGB [10]. Частка заміщення ДП газовим в такій системі складає 70 %. Ця система не має перемикача для роботи за дизельним або газодизельним циклом, оскільки вона автоматично вмикає газодизельний режим в залежності від режиму роботи двигуна. Газодизельний режим в такій системі використовують при навантаженні двигуна від 20 % до 90 %. На рис. 5 показано криву заміщення ДП стисненим природним газом в залежності від режиму роботи ДТЗ.

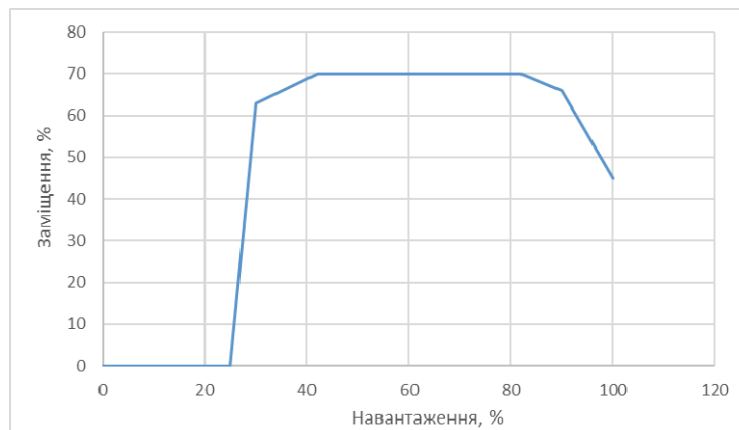


Рисунок 5 – Крива заміщення ДП природним газом при роботі системи Cat DGB
Figure 5 – The curve of replacing diesel fuel with CNG with working the Cat DGB system

В кінці 2017 року компанією Caterpillar анонсовано випуск газодизельного комплексу обладнання із системою DGB для дообладнання кар’єрного самоскиду CAT 785C, на якому використовується двигун 3512B [11]. Використання такої системи кар’єрним самоскидом CAT 785C має зменшити витрати на паливо до 40 % при частці заміщення ДП газовим до 85 %.

В Wayne State University (США) спільно з Xi’an Jiaotong University (КНР) створена газодизельна мікропроцесорна система живлення для дизелів із системою Common Rail [12]. Принципова схема системи показана на рис. 6.

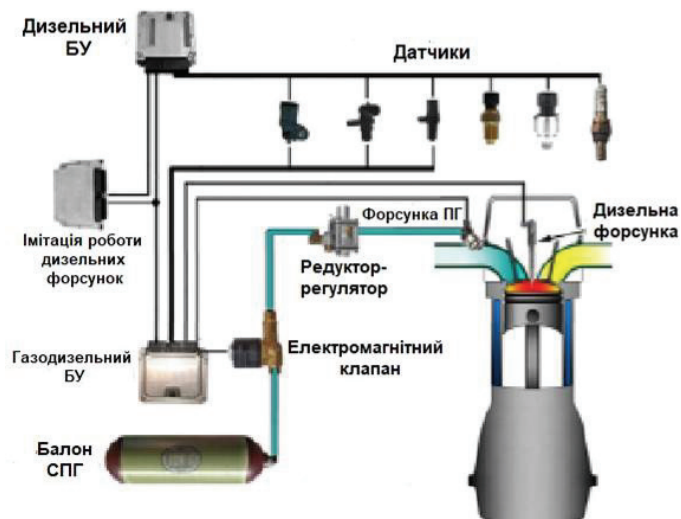


Рисунок 6 – Схема газодизельної мікропроцесорної системи живлення (Wayne State Univ. та Xi’an Jiaotong Univ.)
Figure 6 – Scheme of diesel-gas microprocessor-based fuel system (by Wayne State Univ. & Xi’an Jiaotong Univ.)

Ця система забезпечує заміщення ДП стисненим природним газом до 86 %. В дослідженнях відмічається, що при використанні такої системи зменшуються викиди CO_2 та NO_x в порівнянні з дизельною системою. Енергетичні показники при цьому зростають у порівнянні з роботою на традиційному ДП.

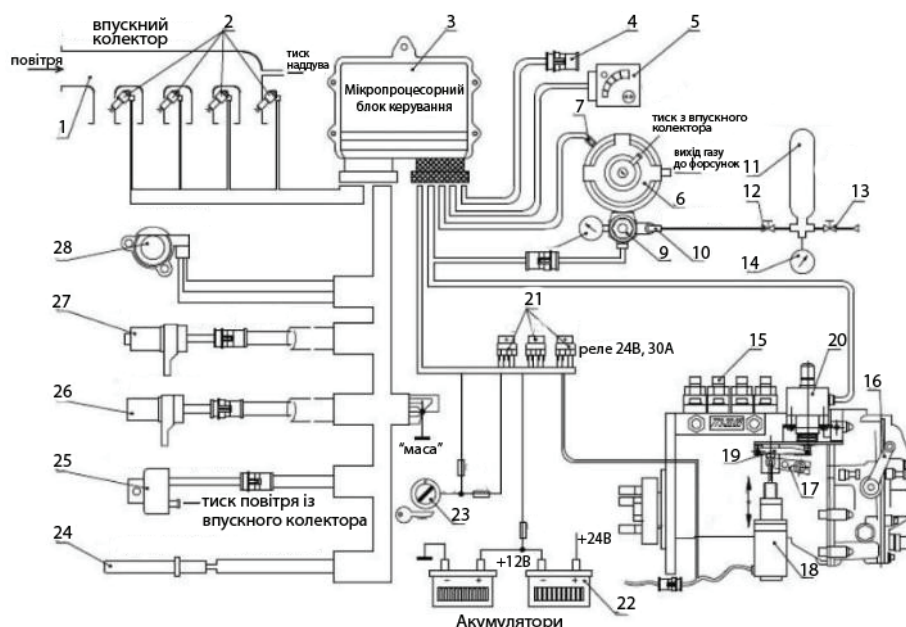
В результаті виконаного аналізу наведених досліджень встановлено, що світові компанії розробляють та вдосконалюють власні газодизельні системи живлення. В таких системах частка заміщення ДП складає від 45 до 86 %. Практично у всіх роботах відмічається поліпшення екологічних показників при роботі транспортного засобу за газодизельним циклом.

В Україні велика кількість автомобілів з дизелями, які споживають значну частку палив нафтового походження та потребують поліпшення екологічних показників. Зменшити споживання традиційних палив нафтового походження та знизити викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах можна за допомогою часткової заміни ДП стисненим природним газом. Тому виникла потреба в розробці вітчизняної газодизельної системи живлення з мікропроцесорним керуванням, яку можна

встановлювати на автомобілях, що перебувають в експлуатації. Ця система мала б враховувати переваги наведених систем, зокрема, мати дозоване впорскування газового палива та забезпечувати можливість фазового регулювання подачі СПГ до дизеля.

Виклад основного матеріалу. В КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національному транспортному університеті розроблено газодизельну мікропроцесорну систему живлення (МПСЖ). Ця система забезпечує роботу дизельних двигунів на суміші дизельного палива та стисненого природного газу за газодизельним циклом зі збереженням стандартної паливної системи.

На рис. 7 показана принципова схема МПСЖ. Система працює наступним чином: при відкритті витратного вентиля 12, газ із балонів 11 по трубопроводу надходить на вхід двоступеневого редуктора 6. При переході на газодизельний режим роботи двигуна, спрацьовує механізм задання запальної дози (МЗЗД) 19 (встановлений на ПНВТ 15), що обмежує подачу дизельного палива, а блок керування вмикає електромагнітний клапан 9 редуктора 6, який відкриває подачу газового палива до електромагнітних газових форсунок 2. Дозована подача газового палива в кожен циліндр двигуна на такті впуску здійснюється за рахунок відкриття електромагнітних газових форсунок (газових інжекторів) на фіксовані проміжки часу відповідно до алгоритму роботи мікропроцесорної системи управління. З газових форсунок 2, які встановлені на патрубках впускного колектора 1, газ впорскується на такті впуску до впускного колектору і потрапляє до камери згоряння двигуна разом із повітрям. Далі газоповітряна суміш надходить в циліндри і в кінці такту стиснення в неї впорскується запальна доза дизельного палива (надходить з ПНВТ). Величина запальної дози регулюється МЗЗД палива 19.



1 – впускний колектор двигуна; 2 – форсунок газів електромагнітні; 3 – блок керування мікропроцесорний; 4 – роз'єм діагностичний; 5 – пульс; 6 – редуктор газовий; 7 – датчик температури корпусу редуктора; 8 – манометр редуктора; 9 – електромагнітний клапан; 10 – штуцер підведення газу до редуктора; 11 – балони для СПГ; 12 – вентиль витратний; 13 – вентиль наповнювальний; 14 – манометр високого тиску; 15-ПНВТ; 16 – важіль управління швидкісним режимом двигуна; 17 – важіль зупинки двигуна; 18 – електромагніт зупинки двигуна; 19 – МЗЗД; 20 – кроковий двигун МЗЗД; 21 – реле; 22 – акумуляторні батареї; 23 – вимикач приладів і стартера; 24 – датчик температури відпрацьованих газів; 25 – датчик тиску наддуву; 26 – датчик фази; 27 – датчик частоти обертання колінчастого вала двигуна; 28 – датчик положення важеля подачі палива

Рисунок 7 – Схема газодизельної мікропроцесорної системи живлення

Figure 7 – Scheme of diesel-gas microprocessor-based fuel system

Зчитуючи і аналізуючи інформацію з датчиків 7, 24...28 системи, мікропроцесорний блок 3 керує роботою газових форсунок 2, електроклапана 9 редуктора газу, кроковим двигуном 20 МЗЗД і трьома реле 21, відповідно до закладеного алгоритму, реалізуючи всережимне регулювання частоти обертання КВ двигуна в газодизельному режимі.

В цій системі реалізовано всережимний ПІ-регулятор подачі газового палива в залежності від режиму роботи двигуна. Регулятор призначений для забезпечення необхідної характеристики подачі

СПГ у всьому діапазоні частоти обертання КВ дизеля. Значення коефіцієнтів впливає на підсилення відповідно пропорційної, інтегральної та диференційної складових ПД-регулятора. Наявність або відсутність тієї чи іншої складової визначає тип ПД-регулятора. Для запропонованої МПСЖ визначено, що доцільно використовувати ПД-регулятор з такими коефіцієнтами: коефіцієнт пропорційної складової $K_p=0.25$, коефіцієнт інтегральної складової $K_i=0.01$, коефіцієнт диференційної складової $K_d=0$ [13]. Фрагмент осцилограми роботи системи газоподачі МПСЖ (форсунки, датчик КВ, датчик ВМТ) з ПД-регулятором ($K_p=0,25$; $K_i=0,01$) показано на рис.8.

В системі реалізовано налаштування корегувальних таблиць подачі дизельного та газового палив, відслідковування помилок в системі та її налаштування за допомогою розробленого інтерфейсу (рис. 9).

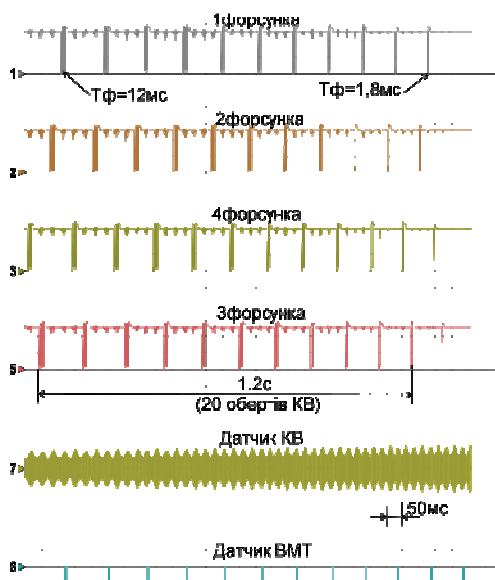


Рисунок 8 – Фрагмент роботи ПД-регулятора при $n=1000...1200 \text{ хв}^{-1}$
Figure 8 – Fragment of the PI-regulator working at $n=1000...1200 \text{ rpm}$

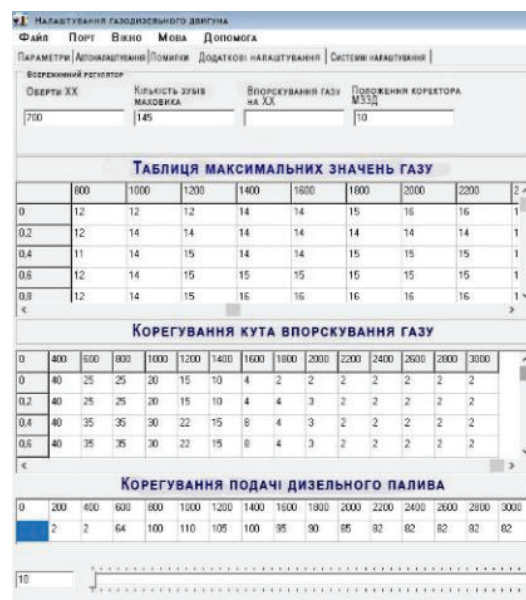


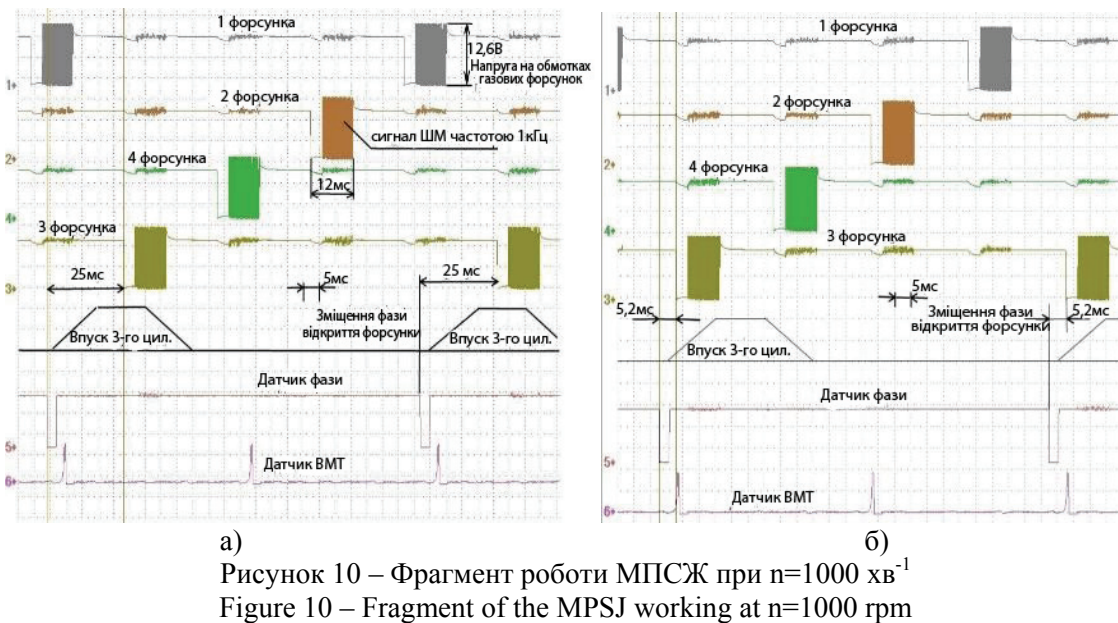
Рисунок 9 – Корегувальні таблиці інтерфейсу подачі дизельного та газового палив
Figure 9 – Correction tables of interface for diesel and gas fuel supply

Як видно з рис. 8 час впорскування СПГ зменшувався від максимального значення $T_f=12 \text{ мс}$ до повного закриття форсунок $T_f=1,8 \text{ мс}$ за 20 обертів КВ дизеля, що склало 1,2 с за незмінного положення датчика педалі $U_p=1,02 \text{ В}$. Отже, розроблений ПД-регулятор при незмінному положенні важеля подачі палива повністю припиняє подачу СПГ до впускного колектора двигуна трохи більше ніж за одну секунду. Діапазон частоти обертання КВ дизеля за якої спрацювала регуляторна гілка розробленого ПД-регулятора знаходиться в межах від 900 хв^{-1} до 1150 хв^{-1} .

В розробленій МПСЖ за допомогою корегувальних таблиць інтерфейсу можна встановлювати: час відкриття форсунок (регулювання витрати СПГ), кут відкриття газової форсунки відносно верхньої мертвої точки (ВМТ) (фаза впорскування) ψ та запальну дозу ДП в залежності від частоти обертання КВ та тиску наддуву повітря. Фаза впорскування газового палива – це момент подачі СПГ разом із повітрям під час такту впуску у впускний колектор. В розробленій МПСЖ для забезпечення фазної подачі газу на валу привода ПНВТ встановлено датчик фази (ДФ), положення якого визначається кутом Ψ_{df} відносно ВМТ першого циліндра двигуна. Значення Ψ_{df} вимірюється після установки ДФ на двигуні і вводиться параметром до мікропроцесорного блока. При встановленні ДФ треба виконати умову:

$$\Psi_{df} \geq \Psi_{vp}$$

Оптимальні процеси фазного впорскування газу (ФВГ) передбачають зміну поточного значення кута Ψ_{vp} (ψ) залежно від частоти обертання КВ двигуна n . Для цього в систему параметрів МПСЖ введена залежність $\psi = f(n)$. Принципово ФВГ може проходити впродовж всієї фази впуску, але існують оптимальні значення Ψ_{ovp} кута ψ , за яких робочі процеси газодизеля найбільш ефективні. Для прикладу впливу фази впорскування ψ , на рис. 10 приведено порівняльні осцилограми роботи системи газоподачі МПСЖ (форсунки, датчик фази, датчик ВМТ) із різними значеннями фази впорскування газового палива ($\psi_1=40^\circ$ (рис. 10а), $\psi_2=15^\circ$ (рис. 10б)).



Як видно з наведених осцилограм (рис. 10), розроблена МПСЖ дозволяє змінювати значення фази впорскування газу в межах від 0° до 60° після ВМТ в залежності від режиму роботи дизеля. Оскільки фаза впорскування може позначитися на сумішеутворенні в камері згоряння двигуна, можна передбачити вплив фази ψ на показники ДТЗ. Тому під час експериментальних стендових та дорожніх випробувань буде встановлено доцільне значення фази впорскування газу із врахуванням паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників.

Під час створення та налаштування МПСЖ було здійснено перевірку димності відпрацьованих газів (ВГ) в режимі вільного прискорення та динаміку автомобіля при розгоні до 60 км/год [14]. В результаті перевірок підтверджено зменшення димності ВГ при роботі за газодизельним циклом.

Висновок. В результаті проведеного аналізу існуючих газодизельних систем живлення встановлено, що багатьма компаніями розробляються та вдосконалюються газодизельні мікропроцесорні системи живлення, які можуть бути встановлені на ДТЗ. Частка заміщення ДП стисненим природним газом в таких системах коливається в межах $45\text{...}86\%$. Екологічні показники при використанні таких систем поліпшуються. Крім того, такі системи дозволяють зменшити споживання більш дорогого ДП та розширити паливну базу дизелів дешевшим та екологічно безпечнішим СПГ.

КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національним транспортним університетом розроблено газодизельну МПСЖ для конвертації дизелів для роботи за газодизельним циклом. Розроблена МПСЖ забезпечує роботу дизелів, що перебувають в експлуатації, на суміші дизельного палива та СПГ за газодизельним циклом, зі збереженням стандартної паливної системи. Очікувана частка заміщення ДП стисненим природним газом складає близько 80% . В системі реалізовано розподільне фазне впорскування газу до циліндрів дизеля, що дозволяє визначити вплив зміни фази та встановити оптимальні параметри впорскування, за яких можна досягти поліпшення показників дизелів з механічним ПНВТ, які працюють за газодизельним циклом.

При розробці МПСЖ здійснена комплексна робота щодо розробки, налаштування, діагностики та адаптації МПСЖ для дизелів, виготовлено комплект агрегатів газодизельної МПСЖ для експериментального автомобіля ГАЗ-3309, налаштовано ПД-параметри газового регулятора, здійснено перевірку димності відпрацьованих газів та динаміку автомобіля.

Остаточні налаштування МПСЖ буде здійснено при проведенні стендових та дорожніх випробувань з врахуванням паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників автомобіля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. BP statistical review of world energy // bp.com [сайт]. [2017]. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>. – BP, June 2017.
2. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д.В. та інші. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене. – К.: Арістей, 2008. – 296 с
3. Ковбасенко С. Переобладнання дизеля в газодизель, як можливість розширення паливної бази автомобільного транспорту/ С.Ковбасенко, В.Петренко, С.Гутаревич, А.Голик// Вісник. Науково-технічний збірник №1 (37). Серія «Технічні науки». НТУ. – К: 2017. – с.154-160.
4. Дикий М.О., В.Г. Петренко, Коваленко О.О. Газодизельна система живлення автомобільних і тракторних двигунів ГД-КПІ // Вісник Національного транспортного університету, Вип.18, – 2009р., С. 76-84.
5. Назаренко М.Б. Покращення екологічних показників КТЗ переобладнанням дизелів в газодизелі в умовах експлуатації: дис.канд. техн. наук – К: НТУ, 2009.
6. Bosch dual-fuel – future of diesel engines. // gazeo.com: [сайт]. [2014]. URL: <http://gazeo.com/automotive/technology/Bosch-Dual-Fuel-future-of-diesel-engines,article,7831.html>.
7. Solaris diesel dual fuel. // <http://fuelfusion.pl/>: [сайт]. URL: <http://www.solarisdiesel.eu/ru/solaris-diesel-dual-fuel-3/>.
8. Valtra dual fuel tractors – The natural choice [http:// valtra.com](http://valtra.com): [сайт]. URL: www.valtra.com/dual-fuel.aspx.
9. Lazdirenzo diesel dual fuel (DDF). Brochure: // <https://landirenzo.com/>: [сайт]. URL: <https://landirenzo.com/sites/default/files/gamma-ddf-en.pdf>.
10. Dual-fuel Retrofit Kit Coming for CAT 785C: // <http://www.ngvglobal.com>: [сайт]. URL: <http://www.ngvglobal.com/blog/dual-fuel-retrofit-kit-coming-cat-785c-1103>.
11. Dynamic Gas Blending. // <https://www.cat.com>: [сайт]. URL: https://www.cat.com/en_US/support/operations/technology/dynamic-gas-blending.html
12. The Development of an Electronic Control Unit for a High Pressure Common Rail Diesel/Natural Gas Dual-Fuel Engine // <https://www.researchgate.net> [сайт]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/271446895>.
13. Ковбасенко С.В. Визначення раціональних ПД-параметрів регулятора газодизельної мікропроцесорної системи живлення / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, А.В. Голик, С.Ю. Гутаревич // Автошляховик України. Науково-технічний збірник. – К. , ДП «ДержавтотрансНДІпроект» 2018. – Вип. № 1.
14. Ковбасенко С.В. Розробка та дослідження мікропроцесорної системи живлення дизеля, що працює за газодизельним циклом / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, А.В. Голик та інші // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. ,ТНУ 2018. – Том 29 (68) № 1.

REFERENCES

1. BP statistical review of world energy // bp.com [сайт]. [2017]. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>. – BP, June 2017.
2. Hutarevych, Y.F., Zerkalov, D.V., & others. (2008). Ecologia ta avtomobilnyi transport. [Marketing distribution policy] Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
3. Kovbasenko, S.V., Petrenko, V.H., Hutarevych, S.Y., Holyk, A.V. (2017). Pereobladnania dyzelia v hazodyzel yak mozhlyvist rozshyrenia palyvnoi bazy avtomobilnoho transportu. Kyiv: Visnyk NTU [in Ukrainian].
4. Dykyi, M. O., Petrenko V.H., Kovalenko, O.O. (2009). Hazodyzelna systema zhyvlена avtomobilnyh I tractornyh dvyhuniv GD-KPI. Kyiv: Visnyk NTU [in Ukrainian].
5. Nazarenko, M.B. (2009). Pokraschenia ecolohichnyh pokaznykiv KTZ pereobladnaniyam dyzeliv v hazodyzeli. Kyiv: PhD. Diss. NTU [in Ukrainian].

6. Bosch dual-fuel – future of diesel engines. Available at: URL: <http://gazeo.com/automotive/technology/Bosch-Dual-Fuel-future-of-diesel-engines,article,7831.html>.
7. Solaris diesel dual fuel. // <http://fuelfusion.pl/>: [сайт]. URL: <http://www.solarisdiesel.eu/ru/solaris-diesel-dual-fuel-3/>.
8. Valtra dual fuel tractors – The natural choice. Available at: URL: www.valtra.com/dual-fuel.aspx
9. Lazdirenzo diesel dual fuel (DDF). Available at: URL: <https://landirenzo.com/sites/default/files/gamma-ddf-en.pdf>
10. Dual-fuel Retrofit Kit Coming for CAT 785C. Available at: URL: <http://www.ngvglobal.com/blog/dual-fuel-retrofit-kit-coming-cat-785c-1103>
11. Dynamic Gas Blending. Available at: URL: https://www.cat.com/en_US/support/operations/technology/dynamic-gas-blending.html
12. The Development of an Electronic Control Unit for a High Pressure Common Rail Diesel/Natural Gas Dual-Fuel Engine. Available at: URL: <https://www.researchgate.net/publication/271446895>.
13. Kovbasenko, S.V., Petrenko, V.H., Holyk, A.V., Hutarevych, S.Y. (2018). Vyznachenia ratsionalnyh PID-parametriv rehuliatora hazodyzelnoi microprocesornoï systemy zhyvlenia. Kyiv: SD “StatevehicleSRproject”.
14. Kovbasenko, S.V., Petrenko, V.H., Holyk, A.V. (2018). Rozrobka ta doslidzhenia microprocernoï systemy zhyvlenia dyzelia scho pratsiuie za hazodylenym tsyslom. Kyiv: Tavriiskyi National University [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Створення та налаштування мікропроцесорної системи живлення дизеля, що працює за газодизельним циклом // С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, А.В. Голик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглянуті існуючі газодизельні системи живлення, а також доцільність переобладнання в Україні дизеля, що перебуває в експлуатації, в газодизель з використанням мікропроцесорної техніки.

Об’єкт дослідження – паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники дизеля, що працює за газодизельним циклом.

Мета роботи – розробка і налаштування вітчизняної газодизельної мікропроцесорної системи живлення для розширення паливної бази дизелів ДТЗ, що перебувають в експлуатації

Метод дослідження – аналіз існуючих досліджень та розробка власної газодизельної мікропроцесорної системи живлення для роботи дизеля за газодизельним циклом.

Встановлено, що переобладнання дизеля в газодизель є доцільним і актуальним. Багатьма компаніями, а також університетами з усього світу розробляються та вдосконалюються газодизельні мікропроцесорні системи живлення. Використання газодизельних мікропроцесорних систем живлення поліпшує екологічні та паливно-економічні показники дизеля.

КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національним транспортним університетом розроблено газодизельну МПСЖ для конвертації дизелів для роботи за газодизельним циклом. Розроблена МПСЖ призначена для встановлення на дизелі з механічним ПНВТ зі збереженням стандартної паливної системи. В системі реалізовано розподільне фазне впорскування газу до циліндрів дизеля, що дозволяє визначити вплив зміни фази та встановити оптимальні параметри впорскування газу для поліпшення показників роботи дизеля, що працює за газодизельним циклом.

Результати статті можуть бути застосовані для подальших досліджень розробленої газодизельної мікропроцесорної системи живлення з використанням СПГ.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – вдосконалення розробленої газодизельної мікропроцесорної системи живлення для переобладнання дизелів ДТЗ, що перебувають в експлуатації та поліпшення їх паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТИСНЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ПІД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВИКИДИ, МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ.

ABSTRACT

Kovbasenko S.V., Petrenko V.H., Holyk A.V. Creation and tuning of a microprocessor-based system for diesel engines operating on a diesel-gas cycle. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article considers existing diesel-gas fuel systems, as well as the advisability of re-equipment in Ukraine of a diesel engine in operation in a diesel-gas with the use of microprocessor technology.

Object of the study – fuel-economic, ecological and energy indicators of a diesel engine operating on a gas-diesel cycle.

Purpose of the study – the development and adjustment of the domestic gas-diesel microprocessor power supply system for expanding the fuel base of road vehicles diesel engines in service

Method of the study – the analysis of existing research and the development of its own diesel-gas microprocessor-based fuel system for diesel engine operation on the diesel-gas cycle.

It is established that the conversion of a diesel engine into a diesel-gas is expedient and relevant. Many companies, as well as universities around the world, are developing and improving diesel-gas microprocessor fuel systems. The use of diesel-gas microprocessor fuel systems improves the ecological and fuel-economic indicators of the diesel engine.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute and the National Transport University, a diesel-gas MPSJ for the conversion of diesel engines for diesel-gas operation was developed. The developed MPSJ is designed for installation on diesel engines with a mechanical fuel pump, while maintaining the standard fuel system. The system implements the distributive phase injection of gas into the diesel cylinders, which allows to determine the effect of the phase change and establish the optimal gas injection parameters for improving the performance of the diesel engine operating on the diesel-gas cycle.

The results of the article can be applied for further studies of the developed diesel-gas microprocessor fuel system using CNG.

The forecast assumptions about the development of the research object are the improvement of the developed diesel-gas microprocessor fuel supply system for re-equipment of road vehicles diesel engines in operation and improvement of their fuel-economic, ecological and energy indicators.

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Создание и настройка микропроцессорной системы питания дизеля, работающего по газодизельному циклом // С.В. Ковбасенко, В. Петренко, А.В. Голик // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассмотрены существующие газодизельные системы питания, а также целесообразность переоборудования в Украине дизеля, находящегося в эксплуатации, в газодизель с использованием микропроцессорной техники.

Объект исследования - топливно-экономические, экологические и энергетические показатели дизеля, работающего по газодизельному циклу.

Цель работы - разработка и настройка отечественной газодизельной микропроцессорной системы питания для расширения топливной базы дизелей ДТС, находящихся в эксплуатации

Метод исследования – анализ существующих исследований и разработка собственной газодизельной микропроцессорной системы питания для работы дизеля по газодизельному циклу.

Установлено, что переоборудование дизеля в газодизель целесообразно и актуально. Многими компаниями, а также университетами по всему миру разрабатываются и совершенствуются газодизельные микропроцессорные системы питания. Использование газодизельных микропроцессорных систем питания улучшает экологические и топливно-экономические показатели дизеля.

КПИ им. Игоря Сикорского и Национальным транспортным университетом разработана газодизельного МПСЖ для конвертации дизелей для работы по газодизельному циклу. Разработанная МПСЖ предназначена для установки на дизели с механическим ТНВД с сохранением стандартной топливной системы. В системе реализовано распределительное фазное впорскивание газа в цилиндры дизеля, которое позволяет определить влияние изменения фазы и установить оптимальные параметры впрыска газа для улучшения показателей работы дизеля, работающего по газодизельному циклу.

Результаты статьи могут быть применены для дальнейших исследований разработанной газодизельной микропроцессорной системы питания с использованием СПГ.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - совершенствование разработанной газодизельной микропроцессорной системы питания для переоборудования дизелей ДТС, находящихся в эксплуатации и улучшение их топливно-экономических, экологических и энергетических показателей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, ПИД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВЫБРОСЫ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ.

АВТОРИ:

Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Україна, 02232, м.Київ, бульв. Леоніда Бикова 12, кв. 25, orcid.org/0000-0002-7309-8200.

Петренко Валерій Георгійович, кандидат технічних наук, КПІ ім. Ігоря Сікорського, старший науковий співробітник кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Україна, Київська обл., 07400, м. Бровари, вул. Возз'єднання, 15, кв. 40, orcid.org/0000-0001-6591-9550.

Голик Андрій Віталійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри дорожніх машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Україна, 03148, м. Київ, вул. Володимира Покотила 5, кв.56, orcid.org/0000-0002-0994-9541.

AUTHORS:

Kovbasenko Sergii V., PhD, National Transport University, associate professor department of road machines, e-mail: s-kov@ukr.net, tel. +380503539600, Ukraine, 02232, Kyiv, Leonida Bykova Blvd., 12, ap. 25, orcid.org/0000-0002-7309-8200.

Petrenko Valerii H., PhD, associate professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», department of theoretical and industrial heat engineering, e-mail: petrko@ukr.net, tel. +380957282124, Ukraine, 07400, Kyiv region, Voziednania street, 15, ap.40, orcid.org/0000-0001-6591-9550.

Holyk Andrii V., National Transport University, graduate student department of road machines, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Ukraine, 03148, Kyiv, Volodymyra Pokotyly street, 5, ap.56, orcid.org/0000-0002-0994-9541.

АВТОРЫ:

Ковбасенко Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Украина, г.Київ, бульв. Леониды Быкова 12, кв. 25, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Петренко Валерий Георгиевич, кандидат технических наук, КПИ им. Игоря Сикорского, с.н.с. кафедры теоретической и промышленной теплотехники, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Украина, Киевская обл., г. Бровары, ул. Воссоединения, 15, кв.40, orcid.org/0000-0001-6591-9550.

Гольк Андрей Виталиевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры дорожных машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Украина, г. Киев, ул. Владимира Покотыла 5, кв.56, orcid.org/0000-0002-0994-9541.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Кравченко О.П., доктор технічних наук, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомир, Україна.

REVIEWERS:

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Head of the Engines and Heating Engineering Department, Kyiv, Ukraine.

Kravchenko O.P., Doctor of Technical Science, professor, Zhytomyr State Technological University, professor, department of automobiles and automobile economy, Zhytomyr, Ukraine.