УДК 621.433
М.О. Дикий [1], В.Г. Петренко [1], М.Б. Назаренко [2], М.М. Скалига [3], А.С. Соломаха [1]
[1] Національний технічний університет України «КПІ»
[2] ДП «ДержавтотрансНДІпроект
[3] Луцький національний технічний університет

ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГАЗОДИЗЕЛЯ З РОЗПОДІЛЬНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ГАЗОВОГО ПАЛИВА

Розроблено нову універсальну газодизельну систему живлення з мікропроцесорним керуванням для автомобільних дизелів з механічними РЧО. Описано структурну схему і принцип узгодження роботи механічного і цифрового РЧО системи. Приведено і описано принципову схему реалізації розробленої системи живлення для двигуна Д-245.

Ключові слова**:** *дизель, газодизель, мікропроцесор, регулятор частоти обертання*

Значне збільшення в останні роки автомобільного парку, і як наслідок збільшення викидів відпрацьованих газів ДВЗ призвело до різкого погіршення екологічної обстановки у великих містах.

Відпрацьовані гази дизельних двигунів містять значну кількість токсичних і канцерогенних речовин і є небезпечним джерелом забруднення повітря не тільки в населених пунктах і зонах безпосередньо наближених до автомобільних доріг, а і в кар'єрах хімічних та гірничорудних підприємств.

Знизити екологічну напруженість дозволяє заміна рідких моторних палив на альтернативні газові, і в першу чергу на природний газ (СПГ).

Природний газ практично не містить сірчаних утворень, ароматичних вуглеводнів та інших шкідливих компонентів і достатньо добре змішується з повітрям. Тобто СПГ екологічно чисте паливо, яке здатне утворювати гомогенні суміші з повітрям, що необхідно для нормальної роботи ДВЗ.

Друга суттєва причина застосування газового палива на автотранспорті це здешевлення перевезень за рахунок його нижчої ціни відносно нафтових палив. При цьому знижується залежність автомобільного транспорту від бензину і дизельного палива в умовах їх різкого дорожчання.

Ефективним способом використання природного газу, як палива для ДВЗ, є застосування газодизельного циклу, що реалізують в дизельних двигунах. В [1] повідомлялось про універсальну газодизельну систему живлення з мікропроцесорним керуванням для автомобільних дизелів з механічними РЧО, яку розроблено в НТУУ "КПІ" спільно з фірмою "АвтоГазГлобал". В даній статті представлені результати експериментальних досліджень цієї системи у складі вантажного автомобіля ГАЗ-3309, що були проведені в лабораторії дослідження використання палив та екології ДП «ДержавтотрансНДІпроект» на електричному стенді тягових властивостей мод. 4819 ВМ

Для оцінки енергетичних, екологічних показників та паливної економічності автомобіля ГАЗ-3309 при використанні в якості силової установки двигуна Д-245.7, що працював за дизельним і газодизельним циклом, під час стендових досліджень, було визначено серію навантажувальних характеристик. Навантажувальні характеристики визначались для таких частот обертання колінчастого вала двигуна: $n_д$=1000 хв$^{-1}$, $n_д$ =1300 хв$^{-1}$, $n_д$ =1600 хв$^{-1}$, $n_д$ =1900 хв$^{-1}$, $n_д$ =2200 хв$^{-1}$.

Для прикладу на рис. 1 і 2 показані навантажувальні характеристики при частоті $n_д$ =1600 хв$^{-1}$. Згідно технічній документації [2] на двигун Д-245.7 максимальний крутний момент відповідає частоті 1600 хв$^{-1}$ і становить 410 Нм. Як видно з показаних характеристик, при частоті 1600 хв$^{-1}$ значення крутного моменту двигуна дорівнює 410 Нм, що співпадає з величиною Мк, наведеною в технічній документації. При визначенні максимального крутного моменту було враховано ККД трансмісії, значення якого отримано з довідниковими даними [3]. На характеристиках показані отримані в залежності від крутного моменту двигуна такі показники: витрати дизельного палива, повітря і СПГ за годину ($G_{пал}$, $G_{пов}$ і $G_{газ}$), концентрації у ВГ оксиду вуглецю CO, вуглеводнів C_mH_n, оксидів азоту NO_x та димності відпрацьованих газів.

©М.О. Дикий , В.Г. Петренко , М.Б. Назаренко, М.М. Скалига , А.С. Соломаха

Аналіз отриманих залежностей показує, що потужність двигуна при роботі за дизельним та газодизельним циклами майже однакова, що досягається регулюванням часу відкриття газових форсунок при роботі двигуна за газодизельним циклом.

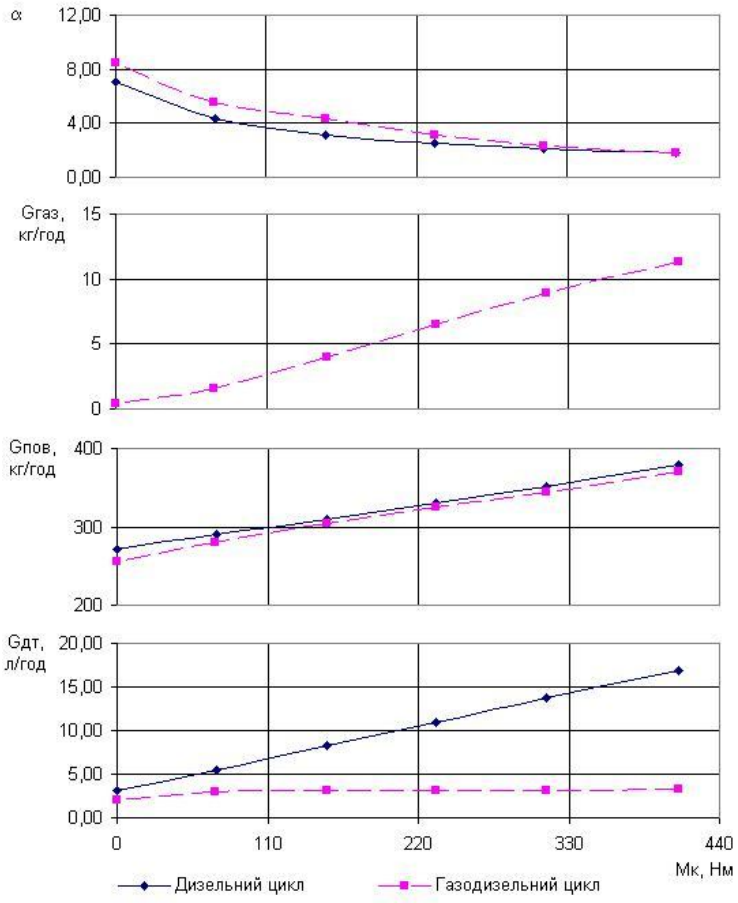

Рис. 1. Порівняльні навантажувальні характеристики при $n_д$=1600 хв$^{-1}$

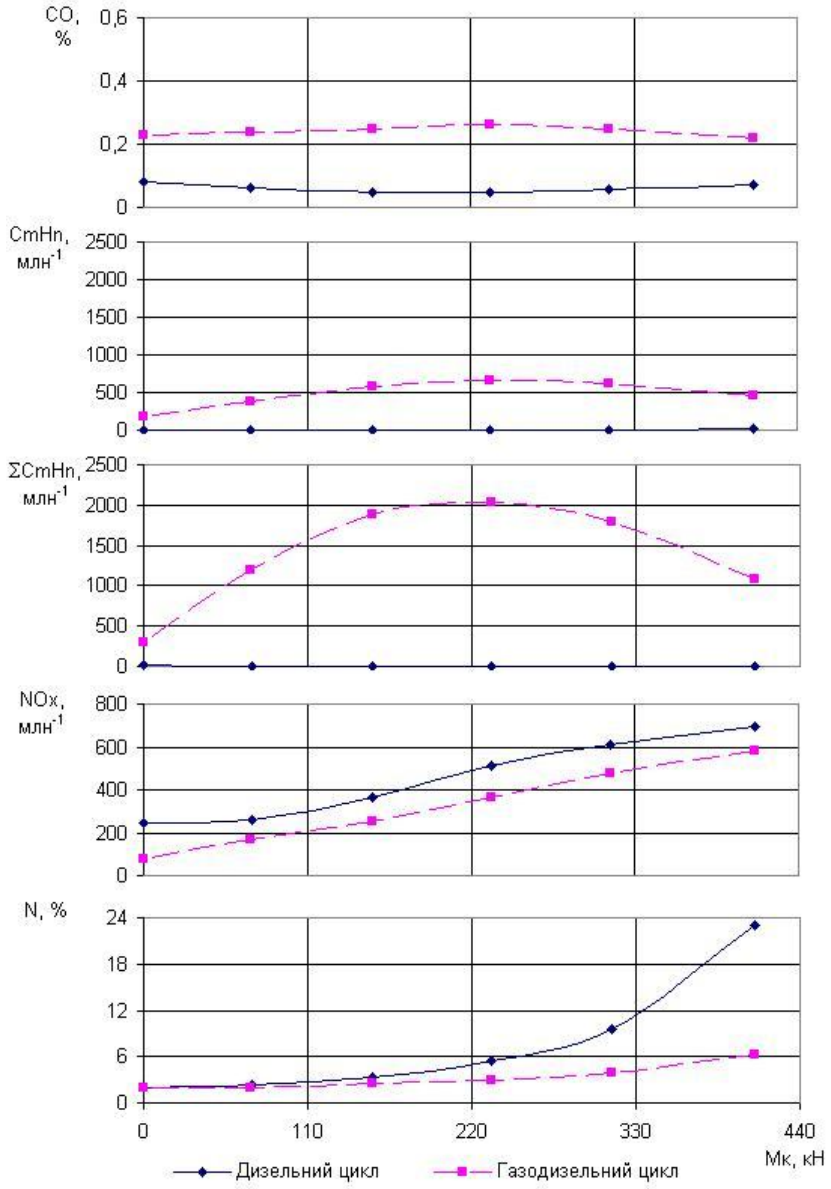

Рис. 2. Порівняльні навантажувальні характеристики при $n_д$=1600 хв$^{-1}$

Годинна витрата повітря на всіх навантажувальних режимах при роботі за газодизельним циклом практично співпадає з витратою повітря при роботі за дизельним циклом. Відмінність можна спостерігати на низьких частотах обертання колінчастого вала двигуна, але вона складає лише 4%. Годинна витрата дизельного палива при роботі за газодизельним циклом при частотах обертання колінчастого вала двигуна $n_д$=1000 хв$^{-1}$ на 73,3% менша за витрату палива при роботі двигуна за дизельним циклом. Ця тенденція зберігається і на інших режимах і складає 70% при $n_д$=1600 хв$^{-1}$ і 57% при $n_д$=2200 хв$^{-1}$.

Димність відпрацьованих газів при роботі за газодизельним і дизельним циклом в режимі $n_д$=1000 хв$^{-1}$ в межах від 0 до 130 Нм (що складає 50% від максимального крутного моменту на даному режимі) майже не відрізняється, а при подальшому зростанні навантаження при роботі за дизельним циклом димність ВГ починає стрімко зростати і при значенні крутного моменту *Мк*=257 Нм (100% на даному режимі) становить 9% у порівнянні з 0,5% при роботі за газодизельним циклом. Ця залежність спостерігається і на інших режимах: в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ суттєве зростання димності при роботі за дизельним режимом починається від 200 Нм (50% від максимального крутного моменту на даному режимі), при $n_д$=2200 хв$^{-1}$ зростання димності спостерігається при 190 Нм (48% від максимального крутного моменту в режимі). При повному навантаженні в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ максимальне значення димності становить 23% у порівнянні з 6,3% при роботі за газодизельмин циклом, в режимі $n_д$=2200 хв$^{-1}$ максимальне значення димності

при роботі за дизельним циклом досягає 40% у порівнянні з 19% при роботі за газодизельним циклом.

Концентрації оксидів азоту у ВГ пропорційно збільшуються при зростанні крутного моменту як за дизельним так і газодизельним циклом. Це залежність спостерігається на всіх навантажувальних режимах. При роботі за газодизельним циклом в режимі $n_д$=1000 хв$^{-1}$ концентрації NO_x майже в два рази менші ніж при роботи за дизельним циклом. На інших навантажувальних ремах спостерігається майже така сама картина – зменшення вмісту NO_x при роботі за газодизельним циклом у порівнянні з роботою за дизельним циклом в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ становить 26% і 25% в режимі $n_д$=2200 хв$^{-1}$.

Викиди вуглеводнів ΣC_mH_n, які вимірювались за методом полум'яно-іонізаційного допалювання, при роботі за газодизельним циклом у порівнянні з роботою за дизельним циклом, у декілька разів більше у межах всієї навантажувальної характеристики і досягають 2830 млн$^{-1}$ в режимі $n_д$=1000 хв$^{-1}$, 2030 млн$^{-1}$ в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ і 2720 млн$^{-1}$ в режимі $n_д$=2200 хв$^{-1}$.

При вимірюванні викидів вуглеводнів C_mH_n за методом інфрачервоної спектроскопії їх значення досягають 925 млн$^{-1}$ в режимі $n_д$=1000 хв$^{-1}$, 659 млн$^{-1}$ в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ і 915 млн$^{-1}$ в режимі $n_д$=2200 хв$^{-1}$.

Викиди *CO* при роботі за дизельним циклом на режимах $n_д$=1600 хв$^{-1}$ і $n_д$=2200 хв$^{-1}$ стабільні і майже не змінюються під час зростання навантаження. В обох режимах найбільшого значення вміст *CO* у ВГ набуває при відсутності навантаження та становить в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ 0,08% і 0,07% в режимі $n_д$=2200 хв$^{-1}$. При роботі за газодизельним циклом вміст *CO* у ВГ поступово зростає, досягаючи свого максимуму 0,26% при 233 Нм в режимі $n_д$=1600 хв$^{-1}$ і 0,4% при 231Нм в режимі $n_д$=2200 хв$^{-1}$. Далі, в обох випадках, спостерігається поступове зменшення вмісту *CO*.

При роботі двигуна в режимі холостого ходу характер витрат дизельного палива при роботі за газодизельним і дизельним циклом майже однаковий, але при роботі за газодизельним циклом ці витрати на 35% менші.

Димність ВГ в режимі холостого ходу до $n_д$ = 1600 хв$^{-1}$ однакова як при роботі за газодизельним так і дизельним циклом, далі при зростанні частоти обертання колінчастого вала двигуна спостерігається зменшення значень димності, при роботі двигуна за газодизельним циклом у порівнянні з роботою за дизельним циклом. При $n_д$ = 2200 хв$^{-1}$ ця різниця становить 1%.

Перехід на газодизельний режим дозволяє зменшити концентрації NO_x у ВГ в режимі холостого ходу майже в 2 рази, що важливо, оскільки двигун працює в цьому режимі значний період часу в русі по місту.

Вміст вуглеводнів у ВГ при роботі за дизельним циклом в режимі холостого ходу стабільні і не змінюються при зростанні частоти обертання колінчастого вала двигуна. При роботі за газодизельним циклом вміст вуглеводнів з ростом частоти обертання колінчастого вала двигуна рівномірно зменшується і становить при $n_д$ = 880 хв$^{-1}$ 335 млн$^{-1}$ і при $n_д$ = 2200 хв$^{-1}$ 278 млн$^{-1}$.

При роботі за газодизельним циклом оксиду вуглецю з ростом частоти обертання колінчастого вала двигуна збільшується від $n_д$ = 828 хв$^{-1}$ до $n_д$ = 1300 хв$^{-1}$ у межах від 0,02% до 0,08 далі зростання уповільнюється і при $n_д$ = 2200 хв$^{-1}$ становить 0,1%. Вміст оксиду вуглецю у ВГ при роботі за газодизельним циклом в режимі холостого ходу стабільний і майже не змінюються при зростанні частоти обертання колінчастого вала двигуна.

Проведені дослідження показали, що двигун стабільно працює як за дизельним так і газодизельним циклами. При цьому при переході на роботу за газодизельним циклом отримується значна економія дизельного палива. Можна очікувати покращення екологічних показників автомобіля, так як у випадку роботи за газодизельним режимом значно знижуються концентрації оксидів азоту і димність ВГ.

Питання конвертації дизеля в газодизель не нове, але зважаючи на дефіцит моторного палива, що має місце у країні, таке переобладнання користується все більшим попитом серед користувачів автомобільного транспорту. При цьому, як показали проведені дослідження, можна очікувати зменшення шкідливого впливу транспортних засобів на навколишнє середовище.

1. Дикий М.О., Петренко В.Г. Яковенко М.І. Переобладнання транспортних засобів та сільськогосподарської техніки з двигунами ЯМЗ для роботи за газодизельним циклом // Шостий міжнародний бізнес форум та виставка «Світ стиснених і зріджених газів-2006» (24 – 26 травня 2006 р. м. Київ, Офіційний каталог К.: ГАУ, 2006. С.8-10.
2. Дикий М.О., Петренко В.Г., Коваленко О.О. Газодизельна система живлення автомобільних і тракторних двигунів ГД-КПІ // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 1. – К.: НТУ, 2009. – Випуск 19. С. 130-135.
3. Висновок науково-технічної експертизи № 135923 від 03.06.2008р. – ДП «ДержавтотрансНДІпроект».
4. М.О. Дикий, В.Г. Петренко, А.С. Соломаха, В.В. Рябов, Є.В. Устименко. Газодизельна система живлення автомобільного двигуна з мікропроцесорним керуванням // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». □ Луцьк, 2011. □ Випуск 31. С. 120-123.
5. ГАЗ-3307, 3309. Двигатели: ММЗ Д-245.7 Е2 (4,75 л); Б: ЗМЗ-513 (4,25 л): Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию. 188 с. ТД Русские машины ГАЗ ИД Третий Рим, 2007 г.
6. Краткий автомобильный справочник / Гос. НИИавтомоб. Трансп. 8-е изд. Перераб. и доп. М. Транспорт, 1979.

©М.О. Дикий , В.Г. Петренко , М.Б. Назаренко, М.М. Скалига , А.С. Соломаха