

УДК 658.7; 518.874

А. П. Поляков, д. т. н., проф.; Б. С. Маріянюк**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПОКАЗНИКИ ГАЗОДИЗЕЛЯ
ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯМ
ГАЗОВИПУСКНОГО ПРИСТРОЮ**

У статті наведено дані щодо ефективності застосування на газодизельних двигунах газопускного пристрою. Наведено математичні розрахунки циклів для дизельного і газодизельного двигунів без і з газопускним пристроєм.

Ключові слова: газодизельний двигун, природний газ, системи живлення, сумішоутворення, газопускний пристрій.

Одним із завдань, під час створення нових транспортних засобів або модернізації наявних є зменшення експлуатаційних витрат. На думку фахівців, одним із напрямів зменшення експлуатаційних витрат транспортних засобів є використання альтернативних, більш дешевих видів палива. Природний газ – реальна альтернатива рідким моторним паливам [1].

Використання природного газу в якості моторного палива дозволить здійснити необхідну кількість перевезень без зміни експлуатаційних витрат, крім того це дозволить вивільнити значну кількість рідкого палива для інших потреб держави.

Застосування природного газу в якості моторного палива на двигунах з іскровим запаленням не потребує зміни конструкції двигуна, але призводить до зменшення його потужності, що неприпустимо для транспортних засобів.

Найдоцільніше застосовувати природний газ на дизелях транспортних засобів, але температура запалення природного газу вища, ніж у дизельного пального, що зумовлює або встановлення на дизелі додаткової системи запалення, що змінює конструкцію двигуна, або подачу в циліндри двигуна незначної частки дизельного палива в якості запальної дози.

Інший спосіб більш доцільний, оскільки за його реалізації в конструкцію двигуна не потрібно вносити зміни, при цьому двигун зберігає властивість повноцінно працювати на одному рідкому паливі.

Аналіз наявних систем живлення дизелів газовим паливом із зовнішнім сумішоутворенням показав, що транспортні засоби, які обладнані дизелем із системою живлення з подачею газу у впускний колектор двигуна під надлишковим тиском, мають вищі динамічні, економічні та екологічні показники порівняно з транспортними засобами, які обладнані дизелем із системою живлення з подачею газу у впускний колектор двигуна під розрідженням.

Основними недоліками наявної системи живлення дизеля газовим паливом з подачею газу у впускний колектор двигуна під надлишковим тиском є складність забезпечення однорідності газоповітряної суміші та нерівномірний її розподіл по циліндрах двигуна, тому для розв'язання цього питання необхідно поставити завдання щодо вдосконалення системи живлення двигуна газовим паливом з метою покращення процесу сумішоутворення у впускному колекторі газодизельного двигуна.

Процес сумішоутворення значно впливає на робочий цикл двигуна [1]. За його покращення підвищується швидкість згорання, повнота згорання палива і, як наслідок, підвищується економічність циклу. Цього досягають завдяки тому, що в циліндри двигуна буде потрапляти готова гомогенна суміш, яка виключить час змішування повітря та газу в самому циліндрі та збільшить швидкість і повноту протікання хімічної реакції згорання газоповітряної суміші.

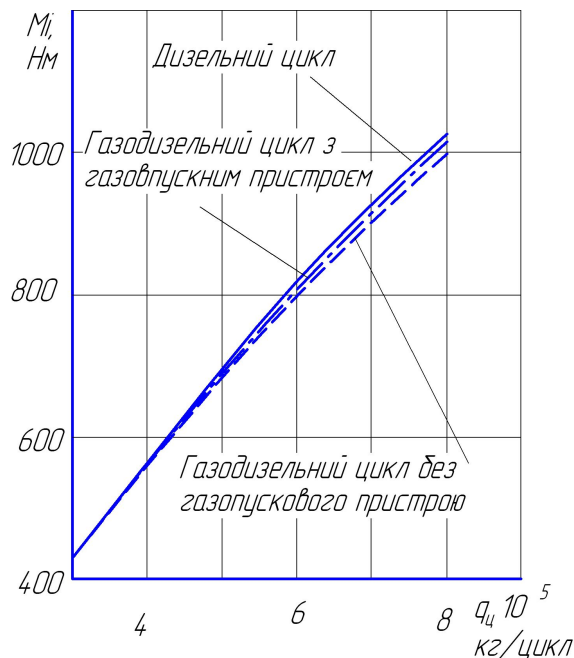
Необхідно зазначити, що у продуктах неповного згорання більшою мірою виявляють

незгорілий метан, ніж окис вуглецю. Вміст у продуктах горіння природного газу 1 % метану свідчить про втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згорання q_3 (близько 10 %) [1].

Під час розгляду питання змішування повітря та газу в газодизелі використано теорію і практику спалювання газу в паливнях і печах промислових установок. Форма впускного колектора двигуна ідентична змішувачу паливневого пальника, тому і сам процес змішування можна вважати ідентичним, отже, способи, що застосовують для пальникових пристроїв з метою поліпшення сумішоутворення, можна використовувати в двигунах внутрішнього згорання.

Дослідження довели, що на якість змішування потоків повітря та газу впливає низка різноманітних чинників, з урахуванням яких було розроблено методику визначення мінімальної зони змішування повітря та газу у впускному колекторі газодизеля [4]. Був розроблений газовпускний пристрій, який пропонуємо використовувати замість звичайної форсунки подачі газу у впускний колектор. Завдяки аналізу результатів проведених досліджень встановлено, що для повного змішування повітря та газу на мінімальній відстані у впускному колекторі газодизеля ЯМЗ-238 необхідно використовувати газовпускний пристрій з чотирма отворами для витікання газу, діаметр яких складає 7,4 мм і які розташовані один проти одного. За такої кількості та такого діаметру газових сопел у газовипускному пристрої відбувається рівномірний розподіл природного газу як по блокам газодизеля, так і по циліндрам, зона змішування при цьому складає 270 мм замість 1356 мм (майже в 4 рази менша). Це дозволяє використовувати запропоновану систему живлення на транспортних засобах без конструктивних змін впускної системи двигуна. Було запропоновано методику, яка дозволяє визначити конструктивні особливості форсунки подачі газу та місце установки пристрою для подачі газу у впускний колектор газодизельного двигуна.

Для перевірки працездатності цього пристрою були проведені експериментальні дослідження вдосконаленої системи живлення з газовпускним пристроєм на газодизельному двигуні ЯМЗ-238.



----- - дизельний цикл; - - - - - газодизельний цикл;
 - - - - - газодизельний цикл з газовипускним пристроєм

Рис. 1. Залежність індикаторного крутного моменту M_i газодизеля ЯМЗ-238ГД від сумарної циклової подачі палива

Під час проведення експерименту, відповідно до ДСТУ 14846-81 [2], знімали зовнішню і часткові швидкісні та навантажувальні характеристики двигуна під час роботи за дизельним та газодизельним циклами.

Щодо навантажувальних характеристик двигуна, то досліджуючи їх обчислювали значення індикаторного крутного моменту M_i за визначених частот обертання колінчастого валу газодизеля, які були в робочому діапазоні швидкісних режимів двигуна. Аналіз навантажувальних характеристик показує, що індикаторний момент двигуна із запропонованою системою живлення вище індикаторного моменту двигуна з наявною системою живлення до 2,8 % залежно від сумарної циклової подачі палива $q_{\text{сум}}$ (рис. 1).

Під час проведення експериментальних досліджень другий ступінь редуктора низького тиску був налаштований на початковий тиск $p_{2\text{поч}}=104$ кПа [4]. Сумарну циклову подачу $q_{\text{сум}}$ газу та дизельного палива налаштовували так, щоб номінальна потужність газодизеля дорівнювала потужності базового дизеля ЯМЗ-238.

Запальна доза дизельного палива була прийнята такою, що дорівнює 30 % від номінальної подачі дизельного палива під час роботи газодизеля за дизельним циклом, оскільки за таких значень відбувається стабільна подача дизельного палива на низьких частотах обертання колінчастого валу двигуна.

Характеристика індикаторного обертального моменту M_i газодизеля під час роботи за газодизельним циклом з газовпускним пристроєм була апроксимована поліномом третього ступеня:

$$M_i = 96,7757448 + 104,2831671q_{\text{ц}} + 5,7450358q_{\text{ц}}^2 - 0,5299496q_{\text{ц}}^3;$$

де $q_{\text{ц}}$ – подача палива на цикл.

Температура відпрацьованих газів Tr , що виходили з лівого та правого блоків циліндрів, під час проведення експериментальних досліджень залишалася практично однаковою, що свідчить про рівномірний розподіл природного газу газовпускним пристроєм по блоках циліндрів газодизеля.

Характеристика температури відпрацьованих газів газодизеля під час роботи за газодизельним циклом з газовпускним пристроєм була апроксимована поліномом другого ступеня:

$$Tr = 432,3274 + 0,30225n_{\text{д}} + 10,47061q_{\text{сум}} - 0,001n_{\text{д}}^2 - 0,09027q_{\text{сум}}^2 + 0,000617n_{\text{д}}q_{\text{сум}};$$

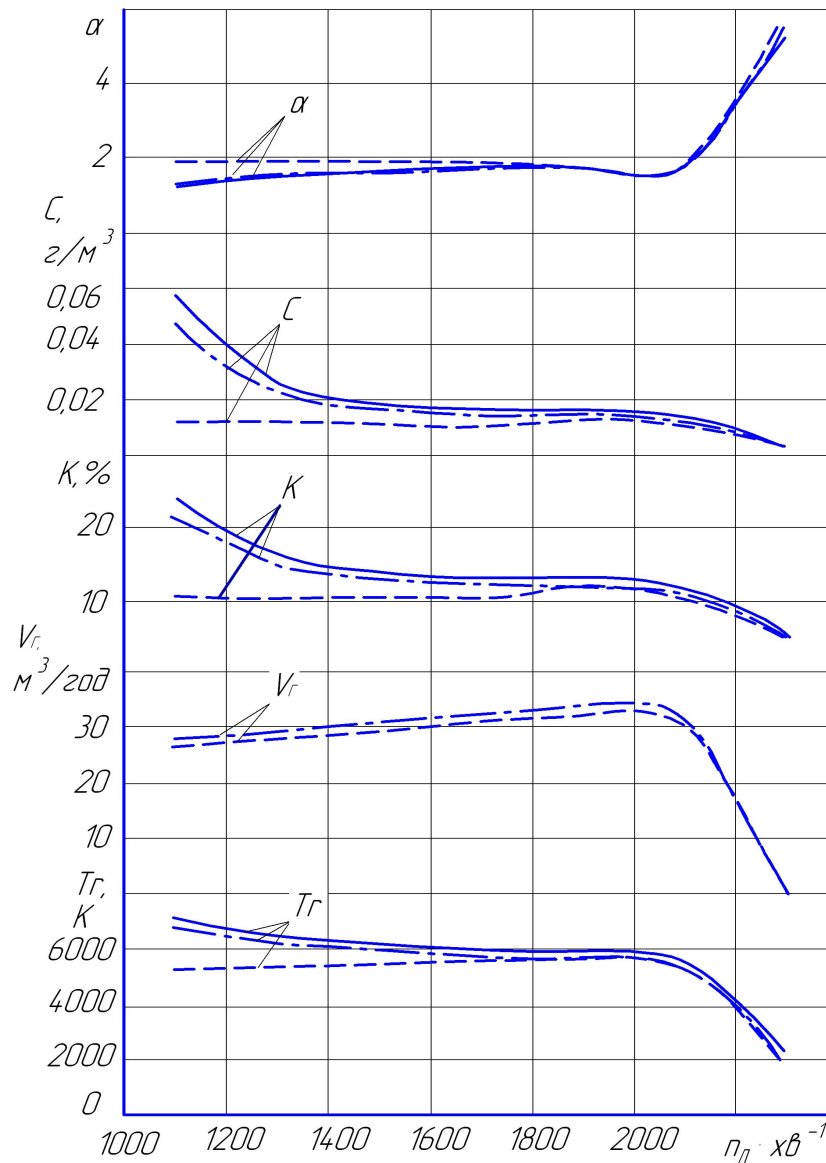
де $q_{\text{сум}}$ – сумарна циклова подача палива; $n_{\text{д}}$ – частота обертання колінчастого валу.

Ці рівняння використовували в математичній моделі “Транспортний засіб – навколишнє середовище”, в основу якої покладена математична модель системи “Водій – автомобіль – дорога – навколишнє середовище” [3]. Математична модель системи “Транспортний засіб – навколишнє середовище” дозволяє досліджувати як показники роботи двигуна, так і показники руху транспортного засобу в умовах експлуатації, проводити дослідження щодо впливу на динамічні, економічні та екологічні показники транспортного засобу модернізації системи живлення.

Основною відмінністю математичної моделі системи “Транспортний засіб – навколишнє середовище” від математичної моделі системи “Водій – автомобіль – дорога – навколишнє середовище” є те, що в математичну модель підсистеми “Газодизель із системою регулювання частоти обертання колінчастого валу” були внесені отримані рівняння температури відпрацьованих газів Tr індикаторного обертального моменту двигуна M_i , імперичне рівняння коефіцієнта витрати дозатора газу, а також було включено блок визначення мінімальної зони змішування повітря та газу у впускному колекторі двигуна, що дозволяє досліджувати динамічні, економічні та екологічні показники транспортного засобу з удосконаленою системою живлення.

Аналіз результатів розрахункового дослідження показав (рис. 2), що під час використання вдосконаленої системи живлення двигуна природним газом із газовпускним пристроєм

порівняно із системою живлення двигуна природним газом без газовпускового пристрою зменшуються витрати природного газу на 4,2 % за збереження однакових показників потужності, що призводить до збільшення коефіцієнта надлишку повітря на 4,3 %, а в суміші з дизельним паливом до 3,4 %, у результаті цього температура відпрацьованих газів зменшилася на 1,9 %, їхня димність на – 6,7 %, а концентрація сажі на – 12,8 %.



- дизельний цикл;
- газодизельний цикл без газовпускового пристрою;
- · - · - · - газодизельний цикл з газовпусковим пристроєм

Рис. 2. Залежності коефіцієнта надлишку повітря α , димності K та концентрації сажі C у відпрацьованих газах, температури відпрацьованих газів T_g та витрати газу V_g від частоти обертання колінчастого вала n_d газодизеля ЯМЗ-238

Дослідження динамічних показників транспортного засобу з газодизелем довели, що під час здійснення розгону машини на дорозі з асфальтобетонним покриттям до швидкості 60 км/год. витрати палива для машини з масою 16 000 кг зменшились на 4,3 %, шлях за час розгону зменшився на 4,5 %. При цьому екологічні показники покращилися в середньому на

4,6 %.

Підвищення енергетичних і економічних показників газодизеля транспортного засобу зумовлене покращенням показників робочого циклу, що, у свою чергу, зумовлено більш повним перемішуванням повітря та газу у впускному колекторі двигуна.

Отже, ґрунтуючись на отриманих результатах, можна зробити висновок про підвищення тягово-динамічних, економічних та екологічних показників транспортних засобів з газодизелем з удосконаленою системою живлення за використання газовпускного пристрою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдеев А. В. Контроль сжигания газообразного топлива / Авдеев А. В. – М.: Энергия, 1975. – 254 с.
2. ГОСТ 14846-81 (СТ СЭВ 765-77). Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – [Чинний від 1982-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 55 с.
3. Математическая модель системы “Водитель – автомобиль с газодизелем – дорога – окружающая среда” / К. Е. Долганов, А. П. Поляков, З. И. Краснокутская [та ін.] // Укр. трансп. ун-т. – Киев. – 1996. – 39 с.
4. Поляков А. П. Експериментальні дослідження дозатора газу / А. П. Поляков, М. М. Мартиненко // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2002. – Випуск 11. – С. 187 – 191.

Поляков Андрій Павлович – д. т. н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, тел.. 098-905-26-11.

Маріянюк Богдан Сергійович – студент інститута машинобудування та транспорту.
Вінницький національний технічний університет.