

source to the coolant temperature in the cooling system up to 50° C. The research results have confirmed the capabilities of the system under study to significantly reduce the time of heat preparation and reduce the vehicle gasoline engine fuel consumption running on gasoline and liquefied gas fuel under operating conditions. The phase transition heat accumulator in the heat preparation system of a vehicle gasoline engine (operating both on gasoline and on liquefied gas fuel) reduces the time required to heat the coolant to 50° C and gas consumption to ensure the transition to gas fuel when using various modes (options) of heat preparation in operating conditions.

**Keywords:** heat preparation; heat accumulator; transport engine.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ДВИГУНА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ОСНАЩЕНОГО СИСТЕМАМИ ПОДАЧІ БЕНЗИНУ І ЗРІДЖЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ

*І.В. Грицук, Д.С. Погорлицький; Р.В. Симоненко, І.В. Худяков*

Представлені результати експериментальних досліджень системи теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу, нагрів якого до робочих температур здійснюється на бензині, а подальша експлуатація на зрідженому нафтовому газі. Основним елементом системи теплової підготовки є тепловий акумулятор фазового переходу. Можна вирішити завдання дослідження - мінімізувати час теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу і, отже, знизити витрату бензину в режимах прогріву. Для забезпечення дистанційної реєстрації параметрів транспортного засобу та управління процесами теплової підготовки розроблена і використовувалася інформаційна система моніторингу та управління процесами теплової підготовки двигуна транспортного засобу з тепловим акумулятором. При проведенні досліджень використовувався транспортний засіб з двигуном внутрішнього згорання, з додатково встановленою газовою апаратурою. Використання теплового акумулятора фазового переходу в системі теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу (що працює як на бензині, так і на зрідженому газовому паливі,) підтвердило істотне поліпшення паливної економічності. Для цього тепла підготовка двигуна повинна проводитися безпосередньо перед запуском від додаткового джерела тепла до температури охолоджуючої рідини в системі охолодження до 50 °С. Результати досліджень підтвердили можливість досліджуваної системи для значного скорочення часу теплової підготовки і зменшення витрати палива бензинового двигуна транспортного засобу, що працює на бензині та зрідженому газовому паливі, в умовах експлуатації. Тепловий акумулятор фазового переходу в системі теплової підготовки бензинового двигуна транспортного засобу (що працює як на бензині, так і на зрідженому газовому паливі) скорочує час на нагрів охолоджуючої рідини до 50 °С і витрату бензину для забезпечення переходу на газове паливо при використанні різних режимів (варіантів ) теплової підготовки в умовах експлуатації.

**Ключові слова:** тепла підготовка; тепловий акумулятор; транспортний двигун.

УДК 621.433.2:621.436

DOI: 10.20998/0419-8719.2020.1.06

*С. О. Ковальов*

## РОЗРОБЛЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГАЗОВИМ ДВЗ ІЗ ПОСЛІДОВНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ГАЗОВОГО ПАЛИВА

*Показано перевагу використання колісними транспортними засобами альтернативних газових моторних палив, зокрема, зрідженого нафтового газу, порівняно з традиційними рідкими моторними паливами. Обґрунтовано доцільність переобладнання дизельних колісних транспортних засобів у газові двигуни внутрішнього згорання з іскровим запалюванням для роботи на зрідженому нафтовому газі. Розроблено мікропроцесорну систему управління газовим двигуном, що складається з двох головних підсистем та мікропроцесорного електронного блоку управління. Система управління здатна забезпечити послідовне впорскування зрідженого нафтового газу без наявності традиційного датчика положення розподільного валу та спеціального задаючого диску, встановленого на розподільному валу. Описано принцип роботи головних систем газового двигуна, до яких належить система живлення і впорскування зрідженого нафтового газу до впускного патрубку кожного циліндра, а також модифікована безконтактна електронна система запалювання з рухомим розподільником напруги. Розроблено і виготовлено спеціальний мікропроцесорний електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «В», який для реалізації послідовного впорскування зрідженого нафтового газу, замість інформації (сигналу) від датчика положення розподільного валу отримує інформацію (сигнал) про положення розподільного валу від модифікованої системи запалювання. Модифікація системи запалювання виконана шляхом доопрацювання штатного задаючого диску трамблера. Доопрацювання було здійснено шляхом збільшення довжини дуги сектора окружності прорізі першого циліндру. Проведені випробування газового двигуна моделі Д-240-LPG-«В» з розробленою мікропроцесорною системою управління газовим двигуном із електронним блоком управління Avenir Gaz 37 рівня «В» на режимах холостого ходу на відповідність вимогам ДСТУ 4277. Результати випробувань показали, що газовий двигун Д-240-LPG-«В» за вмістом оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах відповідає вимогам ДСТУ 4277 і має суттєво нижчий їх вміст, ніж гранично допустимі до двигунів без каталізаторів.*

**Ключові слова:** газовий двигун внутрішнього згорання; електронна система управління газовим двигуном внутрішнього згорання; мікропроцесорний електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «В»; зріджений нафтовий газ.

## Вступ

За два останніх десятиліття у світі і в Україні збільшилась увага до підвищення ефективності роботи транспорту і, в першу чергу, за такими аспектами як екологія, енергозбереження і впровадження альтернативних (газових) моторних палив.

Такі роботи відповідають принципам та напрямкам реалізації «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» [1], схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р, у частині стимулювання розвитку енергозберігаючих і екологічно безпечних видів транспорту. З цією метою необхідно забезпечити транспортні засоби енергоефективними, екологічно безпечними та альтернативними видами рідкого та газового палива. На виконання положень транспортної стратегії в ДП «ДержавтотрансНДІпроект» проводяться роботи з розроблення сучасної української синтез-технології Avenir Gaz (різних рівнів складності) для переобладнання транспортних дизелів у газові двигуни внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням для роботи на газових моторних паливах.

Відомо, що останнім часом найбільш дешевим альтернативним газовим моторним паливом в Україні є зріджений нафтовий газ (ЗНГ, на англ. мові скорочено – LPG).

Отже, стає очевидним доцільність розроблення багатофункціональної синтез-технології переобладнання газових ДВЗ, у першу чергу, для роботи на ЗНГ.

Головною перевагою синтез-технології Avenir Gaz є можливість застосування як різних сучасних систем запалювання, так і різних за принципом дії систем живлення та подачі або впорскування газового палива (зокрема – ЗНГ).

Так, синтез-технологія здатна забезпечувати роботу як безконтактною електронною системою запалювання з рухомим розподільником напруги (БЕСЗ), так і роботу електронною системою запалювання з нерухомим розподільником напруги із двохіскровими або індивідуальними котушками запалювання.

До того, синтез-технологія здатна забезпечувати роботу як системи живлення та подачі ЗНГ до впускного трубопроводу через газоповітряний змішувач, так і роботу системи живлення та багатоточкового впорскування ЗНГ до впускного трубопроводу газовими електромагнітними форсунками.

Таким чином, першому рівню складності синтез-технології Avenir Gaz (класифікованому як – рівень «А») відповідає комплектація газового ДВЗ двома такими головними системами як: системою живлення і подачі ЗНГ (через газоповітряний змі-

шувач) до впускного трубопроводу, а також безконтактною електронною системою запалювання з рухомим розподільником напруги. До того, для уникнення перевищення максимальної частоти обертання (встановленої заводом-виробником для відповідної моделі дизеля) було розроблено і виготовлено мікропроцесорний електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «А», побудований на платформі 8-розрядного мікроконтролера PIC16F (Microchip Technology Inc.). Роботи із розроблення та дослідження синтез-технології Avenir Gaz рівня «А» при конвертації дизеля 4 Ч 11/12,5 (моделі Д-240) у газовий ДВЗ моделі Д-240-LPG-«А» на сьогодні – завершені [2 - 4].

На цей час продовжуються роботи із розроблення та дослідження синтез-технології Avenir Gaz (другого рівня складності – рівня «В»). Перехід від складності синтез-технології Avenir Gaz рівня «А» газового ДВЗ Д-240-LPG-«А» до рівня «В» проведено шляхом заміни системи живлення і подачі ЗНГ (через газоповітряний змішувач) до впускного трубопроводу на підсистему багатоточкового впорскування ЗНГ типу Common Rail. Залежно від способу управління роботою газовими електромагнітними форсунками, а також наявності відповідних датчиків підсистема типу Common Rail здатна забезпечити або групове, або послідовне впорскування ЗНГ.

Отже, для забезпечення групового впорскування ЗНГ електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «В» достатньо отримувати сигнал лише від датчика частоти обертання колінчастого вала, що генерується завдяки проходженню повз нього спеціального задаючого диска (наприклад типу 60-2 або 60-2-2), встановленого на колінчастому валу [2 - 4].

А при послідовному впорскуванні, ЗНГ має впорскуватись до впускного патрубка кожного циліндра окремо у послідовності, яка відповідає порядку роботи циліндрів (порядку запалювання). Для забезпечення цього ЕБУ Avenir Gaz 37 рівня «В» повинен мати інформацію (сигнал) про положення розподільного вала (зокрема положення поршня 1-го циліндра відносно верхньої мертвої точки (ВМТ)). Така інформація (сигнал) класичним способом може бути отримана від датчика положення розподільного вала. Датчик генерує цей сигнал завдяки проходженню повз нього встановленого на розподільному валу спеціального задаючого диска.

Але у разі відсутності у штатній комплектації дизелів датчика положення розподільного вала та спеціального задаючого диска, а дообладнання цими елементами конструктивно ускладнено або вза-

галі неможливо, реалізувати послідовне впорскування класичним способом стає неможливим.

**Мета роботи:** розроблення мікропроцесорної системи управління газовим ДВЗ із електронним блоком управління Avenir Gaz 37 рівня «В» і послідовним впорскуванням газового палива без наявності датчика положення розподільного вала та спеціального задаючого диска, встановленого на розподільному валу.

**Особливості розроблення мікропроцесорної системи управління ДВЗ із електронним блоком управління Avenir Gaz рівня «В» і послідовним впорскуванням ЗНГ**

Для реалізації послідовного впорскування газового палива (зокрема ЗНГ) електронний блок управління замість інформації (сигналу) від датчика положення розподільного вала може отримати інформацію (сигнал) про положення розподільного вала від модифікованої системи запалювання [5].

На газовому ДВЗ Д-240-LPG-«В» використовується відома БЕСЗ для чотирьохциліндрових ДВЗ, принцип дії якої є проміжним варіантом між електромеханічною системою і повністю електронним запалюванням. Основними елементами БЕСЗ є рухомий розподільник напруги (трамблер) з інтегрованими датчиком Холла та задаючим диском, котушка запалювання, електронний комутатор та свічка(-и) запалювання. Склад та особливості встановлення БЕСЗ детально описані [3]. Модифікація системи запалювання (див. рис. 1) проведена шляхом внесення змін у конструкцію штатного задаючого диску трамблера.

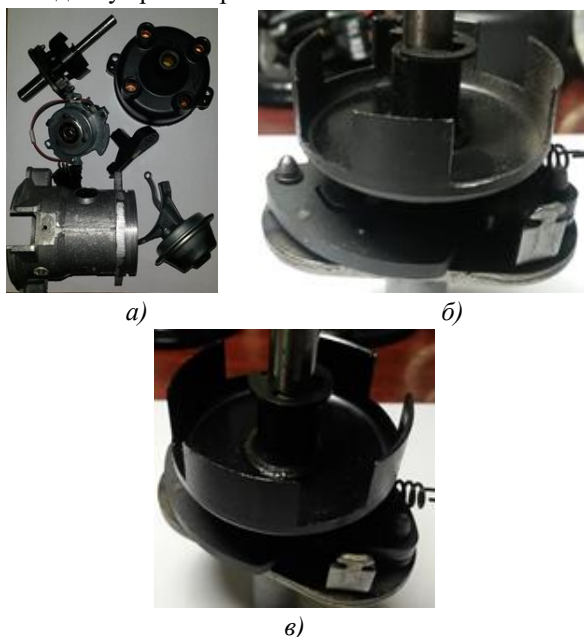


Рис. 1. Модифікація трамблера:

а – основні елементи трамблера; б – штатний задаючий диск; в – модифікований задаючий диск

Як видно з рис. 1, штатний задаючий диск модифіковано шляхом збільшення довжини дуги сектора окружності прорізи першого циліндру. Це збільшення було реалізовано за рахунок зменшення довжини дуги сектору окружності наступного екрана. Показаний на рис. 1 модифікований задаючий диск, який має чотири екрана та чотири прорізи, відповідає конструкції задаючого диску для чотирьохциліндрових газових ДВЗ.

**Головні особливості роботи мікропроцесорної системи управління газовим ДВЗ із електронним блоком управління Avenir Gaz рівня «В» і послідовним впорскуванням ЗНГ**

На рис. 2 представлена принципова схема мікропроцесорної системи управління газовим ДВЗ Д-240-LPG-«В» із електронним блоком управління Avenir Gaz 37 рівня «В» та послідовним впорскуванням ЗНГ [5]. Принцип роботи системи управління описано на прикладі роботи чотирьохциліндрового конвертованого газового Д-240-LPG-«В». Всі елементи спеціального обладнання, що входять до системи живлення і впорскування ЗНГ до впускного трубопроводу, відповідають вимогам [6, 7].

На рис. 2 показано: 1 – газовий ДВЗ; 2 – камера згоряння; 3 – впускний клапан; 4 – випускний клапан; 5 – свічка запалювання (встановлюється у допрацьованому отворі демонтованої дизельної форсунки); 6 – патрубок впускного колектору; 7 – об'єднана частина впускного колектору; 8 – дросельний пристрій з механічним приводом і дросельною заслінкою; 9 – датчик положення дросельної заслінки; 10 – педаль керування швидкісним режимом роботи ДВЗ (педаль газу); 11 – регулятор холостого ходу; 12 – заслінка (шибер); 13 – випускний трубопровід; 14 – глушник; 15 – датчик температури охолоджуючої рідини; 16 – задаючий диск типу 60-2 або 60-2-2; 17 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 18 – автомобільний газовий балон для ЗНГ; 19 – мультиклапан газового балона; 20 – показчик рівня ЗНГ в газовому балоні; 21 – запірний електромагнітний клапан мультиклапана; 22 – заправний блок; 23 – газова магістраль високого тиску для ЗНГ; 24 – газовий фільтр; 25 – запірний електромагнітний клапан, інтегрований у газовий фільтр; 26 – одноступінчастий газовий редуктор-випарник для ЗНГ; 28 – газова магістраль низького тиску; 29 – газовий фільтр парової фази ЗНГ; 30 – загальна газова рейка (Common Rail); 31 – комбінований датчик тиску і температури газового палива; 32 – газові електромагнітні форсунки; 33 – патрубки; 34 – газові сопла; 35 – акумуляторна батарея (АКБ); 36 – замок запалювання; 37 – котушка запалювання; 38 – електронний комутатор з інтегрованими клемми від номера

1 до номера 6; 39 – спеціальний привід рухомого розподільника запалювання (трамблера); 40 – рухомий розподільник запалювання (трамблер); 41 – вал трамблера; 42 – модифікований задаючий диск (у вигляді екранів, які чергуються із прорізами, причому кількість екранів або прорізів відповідає кількості циліндрів ДВЗ); 43 – датчик Холла; 44 – з’єднувальна колодка з інтегрованими контактами «А», «В», «С»; 45 – високовольтний(-і) дрiт(-и); 46

– електричний зв’язок (дрiт) контакту «В» з’єднувальної колодки з клемою номер 6 комутатора; 47 – електронний блок управління Avenir Gaz 37 рівня «В»; 48 – електричний зв’язок електронного блока управління з клемою номер електронного комутатора; 49, 50 – електричні зв’язки електронного блока управління з газовими електромагнітними форсунками першого і останнього циліндрів.

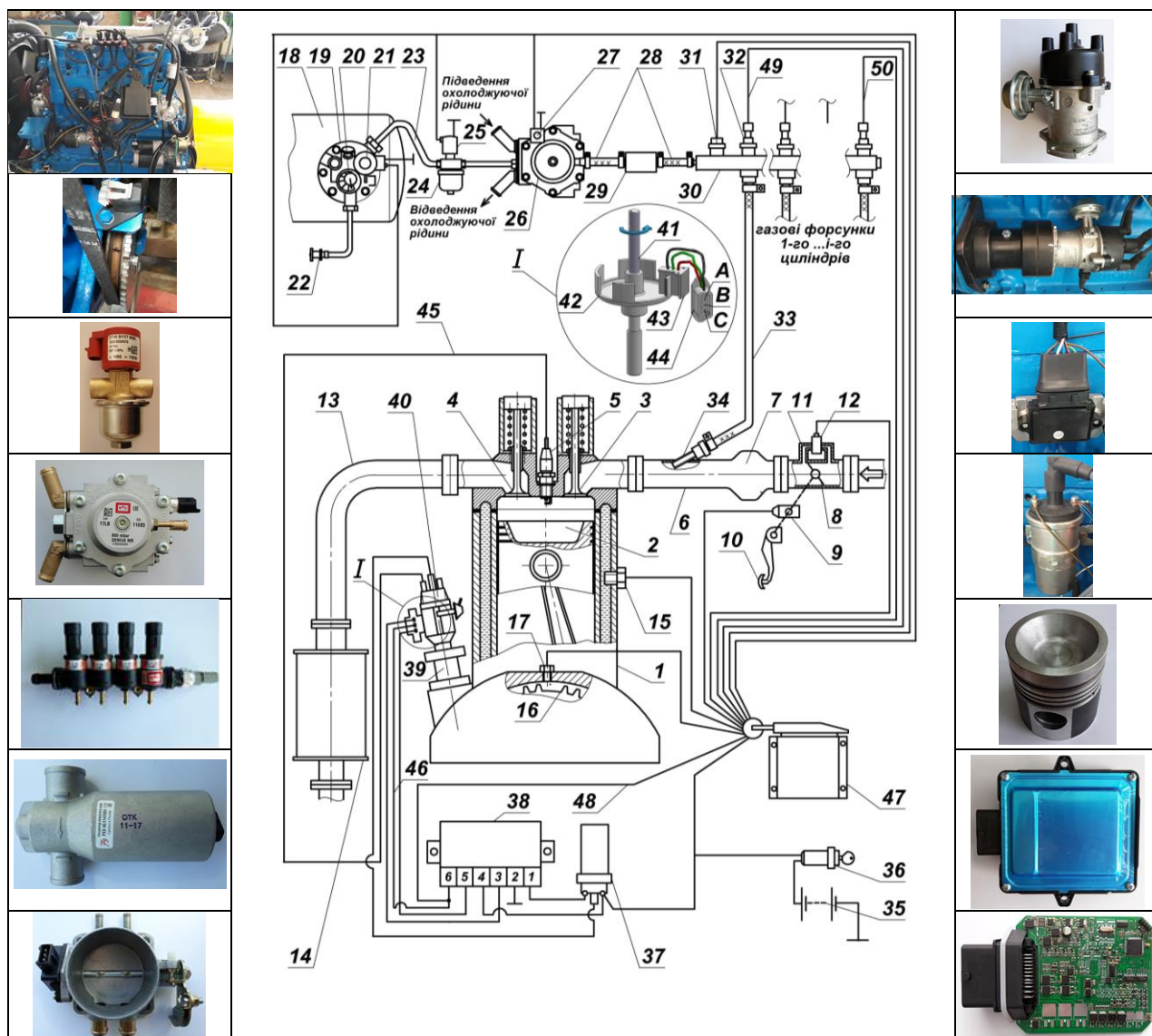


Рис. 2. Принципова схема мікропроцесорної системи управління газовим ДВЗ Д-240-LPG-«В» із електронним блоком управління Avenir Gaz 37 рівня «В» та послідовним впорскуванням ЗНГ

На початку роботи (в момент підготовки до запуску) газового двигуна 1 водій повертає ключ у замку запалювання 36 із положення «Lock» (положення ключа, при якому все електричне обладнання вимкнено) в положення «ACC» (допоміжне положення ключа, при якому все електричне обладнання включено) і напруга від акумулятора 35 по-

дається до безконтактної електронної системи запалювання (котушки запалювання 37, комутатора 38 та трамблера 40), а також до ЕБУ 47. Крім того, напруга від акумулятора 35 подається до стартера (на рис. 1 не показаний). Далі водій повертає ключ у замку запалювання 36 з положення «ACC» в положення «ON» (положення ключа, при працюю-

чому двигуні). Водночас електронний блок управління 47 перевіряє всі датчики та електричні елементи системи управління на наявність і справність. При цьому, ЕБУ 47 не подає напругу до нормально закритих запірних електромагнітних клапанів 21, 25 та 27. В результаті ЗНГ з газового балона 18 через мультиклапан 19 до газової магістралі високого тиску 23 не подається.

Для запуску газового двигуна 1 водій повертає ключ у замку запалювання 36 з положення «ON» в положення «START». Одночасно двигун 1 починає обертатися і водій відпускає ключ, який після цього, під дією замка запалювання, повернеться в положення «ON». Разом із початком обертання колінчастого вала двигуна 1, починає обертатися і закріплений на ньому задаючий диск 16. В результаті, сигнал, згенерований датчиком 17 частоти обертання подається до електронного блока управління 47. Водночас, сигнал, згенерований датчиком Холла 43, частота імпульсів якого під дією модифікованого задаючого диска 42 пропорційна поточній частоті обертання колінчастого вала газового двигуна 1, з контакту «В» з'єднувальної колодки 44 по електричному зв'язку 46 подається на клему номер 6 комутатора 38 та через електричний зв'язок 48 дублюється до електронного блока управління 47.

Електронний блок управління 47 обробляє сигнали, отримані з датчика 17 частоти обертання та датчика Холла 43, порівнює їх і у разі їх відповідності подає напругу +12 V до нормально закритих запірних електромагнітних клапанів 21, 25 та 27. У той же час, електронний блок управління 47 в період оброблення сигналів датчика Холла 43 аналізує тривалість імпульсів, згенерованих модифікованим задаючим диском 42. При цьому, на підставі імпульсу, що має більшу тривалість, завдяки збільшеній довжині дуги сектора окружності першого циліндра, електронний блок управління 47 формує сигнал, який визначає момент положення поршня у першому циліндрі відносно ВМТ.

Під дією напруги +12 V запірні електромагнітні клапани 21, 25 та 27 відкриваються, пропускаючи ЗНГ від газового балона 18 через мультиклапан 19, газову магістраль високого тиску 23 та газовий фільтр 24 до одноступінчатого газового редуктора-випарника 26. У редукторі-випарнику 26 зріджений нафтовий газ за рахунок підведення охолоджуючої рідини (з системи охолодження двигуна) – випаровується з рідкого до газового стану і через газову магістраль низького тиску 28, газовий фільтр парової фази 29 поступає до загальної газової рейки (Common Rail) 30 і далі до газових електромагнітних форсунок 32.

Дросельна заслінка 8 у цей час знаходиться у

зачиненому положенні. А заслінка (шибер) 12 регулятора холостого ходу 11 за сигналом, розрахованим електронним блоком управління 47 на підставі опитування та оброблення сигналів датчиків 17 частоти обертання та Холла 43, а також датчиків 9 положення дросельної заслінки та температури охолоджуючої рідини 15, встановлюється у положення, яке відповідає пусковій частоті обертання колінчастого вала двигуна 1. При цьому, сигнал датчика Холла 43, частота імпульсів якого пропорційна поточній частоті обертання колінчастого вала газового двигуна 1, постійно обробляється електронним блоком управління 47 і порівнюється з основним (більш точним) сигналом від датчика 17. У разі виходу з ладу датчика 17 або відсутності сигналу з нього, електронний блок управління 47 продовжує розраховувати частоту обертання газового двигуна 1 на підставі сигналу датчика Холла 43.

Одночасно повітря під дією розрядження, минаючи дросельну заслінку 8, через причинену заслінку (шибер) 12 регулятора холостого ходу 11, поступає у впускний трубопровід 7.

У той же час, електронний блок управління 47 за результатами опитування та оброблення сигналів датчика 17 та/або датчика Холла 43, а також датчика температури охолоджуючої рідини 15 і сигналу про положення поршня у першому циліндрі, розраховує початок моментів та тривалість імпульсів пускової подачі (впорскування) ЗНГ газовими електромагнітними форсунками 32 у послідовності відповідно з порядком роботи циліндрів (порядком запалювання).

Водночас комутатор 38 безконтактної електронної системи запалювання подає сигнал до катушки запалювання 37, де генерується висока напруга, яка по високовольтному дроту поступає до трамблера 40, а звідти по високовольтному дроту до свічки запалювання 5, яка утворює іскру запалювання у камері згоряння 2.

Разом з тим, внаслідок впорскування зрідженого нафтового газу кожною з газових електромагнітних форсунок 32 через патрубки 33 та газові сопла 34 у зону наближену до закритого впускного клапана у кожному впускному патрубку 6 впускного трубопроводу 7 утворюється газоповітряна суміш. При відкритті впускного клапана 3 газоповітряна суміш потрапляє до камери згоряння 2, де запалюється від свічки запалювання 5. В результаті двигун 1 починає запускатися.

Після запуску газового двигуна 1 електронний блок управління 47 за сигналом, розрахованим на підставі опитування та оброблення сигналів датчиків 17 та/або Холла 43, а також датчиків 9 положення дросельної заслінки та температури охоло-

дуючої рідини 15, встановлює заслінку (шибер) 12 регулятора холостого ходу 11 у положення, яке відповідає мінімальній частоті обертання колінчастого валу двигуна 1.

При збільшенні навантаження на двигун 1 для збільшення частоти обертання колінчастого вала водій натискає на педаль 10 керування швидкісним режимом, відкриваючи дросельну заслінку 8 і збільшуючи кількість повітря, яке надходить до впускного трубопроводу 7 та впускного патрубку 6. Одночасно електронний блок управління 47 за сигналом, розрахованим на підставі опитування та оброблення сигналів датчиків 17 та/або Холла 43, а також датчика 9 положення дросельної заслінки, розраховує початок моментів впорскування ЗНГ газовими електромагнітними форсунками 32 та збільшення тривалості імпульсів подачі (впорскування). В результаті частота обертання колінчастого вала газового двигуна 1 підвищується до величини, яка відповідає режиму його навантаження.

У період перехідного процесу при збільшенні навантаження на газовий двигун 1, залежно від швидкості або прискорення пересування педалі 10 керування швидкісним режимом роботи у бік збільшення, електронний блок управління 47 розраховує тимчасове збільшення подачі ЗНГ (збільшення тривалості імпульсів впорскування ЗНГ) газовими електромагнітними форсунками 32. Разом з цим електронний блок управління 47 тимчасово збільшує відкриття заслінки (шибера) 12 регулятора холостого ходу 11. Це забезпечує подачу додаткового повітря до впускного трубопроводу 7 та впускного патрубку 6 у період перехідного процесу. В результаті, частота обертання двигуна 1 збільшується.

Результати випробувань газового ДВЗ Д-240-LPG-«В» з електронним блоком управління Avenir Gaz 37 рівня «В» на режимах холостого ходу показали, що у разі запуску «холодного» газового двигуна 1 електронний блок управління 47 забезпечує збільшення тривалості імпульсів пускової подачі (впорскування) ЗНГ, а при запуску «гарячого» двигуна – зменшення.

До того, при роботі «холодного» газового двигуна 1 електронний блок управління 47 забезпечує збільшення тривалості імпульсів подачі (впорскування) ЗНГ, а також збільшення відкриття заслінки (шибера) 12 регулятора холостого ходу 11, які відповідають підвищеній мінімальній частоті обертання колінчастого вала двигуна 1 на режимі холостого ходу, а по мірі прогріву двигуна 1 – зменшення мінімальної частоти обертання холостого ходу.

Були проведені випробування Д-240-LPG-«В»

на відповідність вимогам ДСТУ 4277 [8]. Результати випробувань свідчать, що Д-240-LPG-«В» за вмістом оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах відповідає вимогам ДСТУ 4277 і має суттєво нижчий їх вміст, ніж гранично допустимі до двигунів без каталізаторів.

Отже, застосування розробленої системи управління роботою ДВЗ із електронним блоком управління дозволяє реалізувати послідовне впорскування газового палива при створенні нових або при переобладнанні дизелів, що перебувають в експлуатації, у двигуни із іскровим запалюванням, у штатній комплектації яких відсутні датчик положення розподільного вала та спеціальний задаючий диск, встановлений на розподільному валу.

### Висновки

Показані переваги використання колісними транспортними засобами альтернативних газових моторних палив, зокрема ЗНГ, порівняно з традиційними рідкими моторними паливами.

Розроблено та шляхом заміни у газовому ДВЗ Д-240-LPG-«А» системи живлення і подачі ЗНГ (через газоповітряний змішувач) до впускного трубопроводу на підсистему багатоточкового впорскування ЗНГ типу Common Rail, створено газовий ДВЗ моделі Д-240-LPG-«В».

Розроблено електронну мікропроцесорну систему управління газовими ДВЗ з іскровим запалюванням, що складається з двох головних підсистем (підсистеми багатоточкового впорскування ЗНГ типу Common Rail і БЕСЗ), а також електронного блока управління Avenir Gaz 37 рівня «В».

Розроблено і виготовлено спеціальний багатофункціональний електронний блок управління Avenir Gaz рівня «В», який забезпечує послідовне впорскування ЗНГ, на підставі оброблення сигналів від датчика частоти обертання колінчастого вала та сигналів від модифікованої БЕСЗ.

Вмісти оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах ДВЗ Д-240-LPG-«В» відповідають вимогам ДСТУ 4277 і мають суттєво нижчі показники, ніж гранично допустимі до двигунів без каталізаторів.

Подальший напрямок робіт пов'язано з проведенням стендових випробувань газового ДВЗ Д-240-LPG-«В» на електричному навантажувальному стенді.

### Список літератури:

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року».
2. Ковальов

С.О., Плис С.В., Ковальчук В.В. Патент України на корисну модель № 142853. Система управління роботою газового двигуна внутрішнього згорання із іскровим запалюванням та електронним блоком управління. Заявка № у 2020 01334 від 27.02.2020; опубліковано 25.06.2020. Бюлетень № 12. 3. Ковальов С. О. Розроблення та дослідження газового двигуна D-240-LPG, конвертованого на базі тракторного дизеля / Ковальов С.О. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2019. – № 2. – С. 18 – 25. 4. Ковальов С. О. Камера згорання газового ДВЗ, конвертованого на базі дизеля для роботи на зрідженому нафтовому газі / Ковальов С.О. // Двигатели внутреннего сгорания. – 2019. – № 1. – С. 15 – 20. 5. Ковальов С. О. Система управління роботою двигуна внутрішнього згорання із електронним блоком управління, для забезпечення послідовного впорскування газового палива. Заявка на патент України на корисну модель № у 2020 032826 від 25.06.2020. 6. Правила ООН № 67 Транспортные средства, работающие на СНГ (Regulation No. 67 LPG vehicles). 7. Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, двигуни яких працюють на газовому моторному паливі, та методи контролю: ДСТУ 7434:2013. – [Чинний від 2014–07–01] – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 28 с.: табл. – (Національний стандарт України). 8. Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Атмосфера. Норми і методи вимірювання вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277:2004. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с. – (Національний стандарт України).

**Bibliography (transliterated):**

1. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainini vid 30.05.2018 № 430-r «Pro shvalennya Natsionalnoyi transportnoyi strategiyi Ukrainini na period do 2030 roku». 2. Kovalov S.O., Plis S.V., Kovalchuk V.V. (2020), Patent of Ukraine for a utility model № 142853. The control system of the gas internal combustion engine with spark ignition and electronic control unit. № u 2020 01334 it is stated 27.02.2020; it is published 25.06.2020. Bulletin № 12. 3. Kovalov S. O. (2019), "Development and research of gas engine d-240-LPG converted on the basis of a tractor diesel", Internal combustion engines ["Rozroblennya ta dosludzhennya gazovogo dviguna D-240-LPG, konvertovanogo na bazi traktornogo dizelya"], No 2. – pp. 18–25, DOI: 10.20998/0419-8719.2019.2.04. 4. Kovalov S. O. (2019), "Combustion chamber for gas-engines, converted on the basis of diesel to work for on liquefied petroleum gas", Internal combustion engines ["Kamira zgorannya gazovogo DVZ, konvertovanogo na bazi dizelya dlya roboti na zridzhenomu naftovomu gazi"], No 1. – pp. 15–20, DOI: 10.20998/0419-8719.2019.1.03. 5. Kovalov S. O. (2020), Ukrainian patent application for a utility model № u 2020 032826 it is stated 25.06.2020. The control system of the internal combustion engine with an electronic control unit, to ensure sequential injection of gas fuel. 6. Regulation No. 67 LPG vehicles 7. National Standard of Ukraine No. 7434:2013. Wheeled vehicles. Requirements of safety for construction and technical condition of gas fueled wheeled vehicles and methods of inspection. 8. National Standard of Ukraine No. 4277:2004. The system of standards in the field of environmental protection and rational use of resources. Atmosphere. Norms and methods for measuring the content of carbon monoxide and hydrocarbons in the exhaust gases of cars with engines running on gasoline or gas fuel.

*P.S. Вдячність. Автор цієї статті висловлює вдячність Плису С.В. та Ковальчуку В.В., які брали участь у підготовці та проведенні випробувань газового двигуна D-240-LPG-«В».*

*Надійшла до редакції 09.07.2020 р.*

**Ковальов Сергій Олександрович** – канд. техн. наук, ст. наук. співр., заступник завідувача лабораторії дослідження використання палив та екології Державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний та проєктний інститут», Київ, Україна, e-mail: skovalev@insat.org.ua, <https://orcid.org/0000-0002-3107-530X>

**РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ГАЗОВЫМ ДВС С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВПРЫСКИВАНИЕМ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА**

**С.А. Ковалёв**

Показано преимущество использования колесными транспортными средствами альтернативных газовых моторных топлив, в частности, сжиженного нефтяного газа по сравнению с традиционными жидкими моторными топливами. Обоснована целесообразность переоборудования дизельных колесных транспортных средств в газовые двигатели внутреннего сгорания с искровым зажиганием для работы на сжиженном нефтяном газе. Разработана система управления газовым двигателем, состоящая из двух главных подсистем и микропроцессорного электронного блока управления. Система управления способна обеспечить последовательное впрыскивание сжиженного нефтяного газа без наличия традиционного датчика положения распределительного вала и специального задающего диска, установленного на распределительном валу. Описан принцип работы главных систем газового двигателя, к которым относится система питания и впрыскивания сжиженного нефтяного газа во впускной патрубков каждого цилиндра, а также модифицированная бесконтактная электронная система зажигания с подвижным распределителем напряжения. Разработан и изготовлен специальный микропроцессорный электронный блок управления Avenir Gaz 37 уровня «В», который для реализации последовательного впрыскивания сжиженного нефтяного газа, вместо информации (сигнала) от датчика положения распределительного вала получает информацию (сигнал) о положении распределительного вала от модифицированной системы зажигания. Модификация системы зажигания выполнена путем доработки штатного задающего диска трамблера. Доработка была осуществлена путем увеличения длины дуги сектора окружности прорези первого цилиндра. Проведенные испытания газового двигателя модели D-240-LPG-«В» с разработанной микропроцессорной системой управления и электронным блоком управления Avenir Gaz 37 уровня «В» на режимах холостого хода на соответствие требованиям ДСТУ 4277. Результаты испытаний показали, что газовый двигатель D-240-LPG-«В» по содержанию оксида углерода и углеводородов в отработавших газах соответствует требованиям ДСТУ 4277 и имеет существенно ниже их содержание чем предельно допустимые к двигателям без катализаторов.

**Ключевые слова:** газовый двигатель внутреннего сгорания; электронная система управления газовым двигателем внутреннего сгорания; микропроцессорный электронный блок управления Avenir Gaz 37 уровня «В»; сжиженный нефтяной газ.

**DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM  
OF GAS ICE WITH SEQUENTIAL GAS FUEL INJECTION**

*S.O. Kovaliov*

The advantage of using alternative gas motor fuels in particular liquefied oil gas by wheeled vehicles, in comparison with traditional liquid motor fuels is shown. The expediency of converting diesel wheeled vehicles into internal combustion gas engines with spark ignition for operation on liquefied petroleum gas has been substantiated. A microprocessor-based gas engine control system has been developed, consisting of two main subsystems and a microprocessor-based electronic control unit. The control system is capable of delivering LPG sequential injection without the need for a traditional camshaft position sensor and a special reference plate mounted on the camshaft. The principle of operation of the main gas engine systems, which include the power supply and injection of liquefied petroleum gas in the inlet nozzle of each cylinder, as well as a modified contactless electronic ignition system with a movable voltage distributor are described. A special «B» level Avenir Gaz 37 microprocessor electronic control unit has been developed and manufactured, which instead of information (signal) from the camshaft position sensor receives information (signal) about the camshaft position from a modified ignition system to implement sequential liquefied petroleum gas injection. Modification of the ignition system is carried out by finalizing the standard drive disk of the distributor. The rework was carried out by increasing the length of the arc of the circle sector of the first cylinder opening. Tests of the gas internal combustion engine of the D-240-LPG-«B» model with the developed microprocessor control system and Avenir Gaz 37 electronic control unit of the «B» level at idle modes for compliance with the requirements of standard 4277 have been performed. The test results showed that the gas engine D-240-LPG-«B» in terms of carbon monoxide and hydrocarbons in the exhaust gases meets the requirements of standard 4277 and has a significantly lower content than the maximum permissible for engines without catalysts.

**Key words:** gas internal combustion engine; electronic control system for gas internal combustion engine; micro-processor electronic control unit Avenir Gaz 37 level «B»; liquefied oil gas.