

УДК 621.43

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛЬНИХ ГАЗІВ В АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЯХ

Стрельчук Б.А., бакалавр,
Стефановський О.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Хоча в двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ), включаючи автотракторні дизелі, як правило, використовуються рідкі моторні палива (МП), багато десятиліть не знижується інтерес до газоподібних МП, що є корисними альтернативами першим. Завдяки своїм властивостям газоподібні МП, або горючі або пальні гази, набагато простіше використовувати в ДВЗ з іскровим запалюванням, ніж у дизелях. Тому практичне застосування газових ДВЗ з іскровим запалюванням почалося ще в першій половині ХХ століття (там і тоді, де і коли був значний дефіцит автомобільних бензинів). Пізніше такі ДВЗ, з одного боку, серійно вироблялися на базі бензинових, а з іншого – створювалися як спеціальні двигуни для обслуговування газопроводів. У той же час дизелі, в яких використовувалися горючі гази одночасно з рідким дизельним паливом (ДП) – так звані «газодизелі» стали активно досліджуватися тільки після початку «нафтової кризи» другої половини ХХ століття. У СРСР такі роботи, у тому числі за участю низки українських підприємств та організацій, активізувалися лише в останнє десятиліття існування цієї держави [1]. Після розпаду СРСР вони продовжувалися в більш розвинених колишніх союзних республіках, у тому числі в Україні.

До пальних газів відносяться нафтовий або вуглеводневий (не природний), природний, генераторний та біологічний, а також диметилловий ефір (ДЕ) [2] та гази шахтний, водяний, синтез-газ та водень. Окрім ДЕ та водню, їх склад нестабільний. Крім ДЕ, всі вони утворюють суміші з повітрям - пальні суміші (ПС), які важче спалахують, ніж традиційна для дизелів суміш крапель, що випаровуються, розпиленого ДП з повітрям. Температура самозаймання такої ПС близько 500...700 °С і на 100...300 °С вище, ніж у суміші, традиційної для дизелів [3].

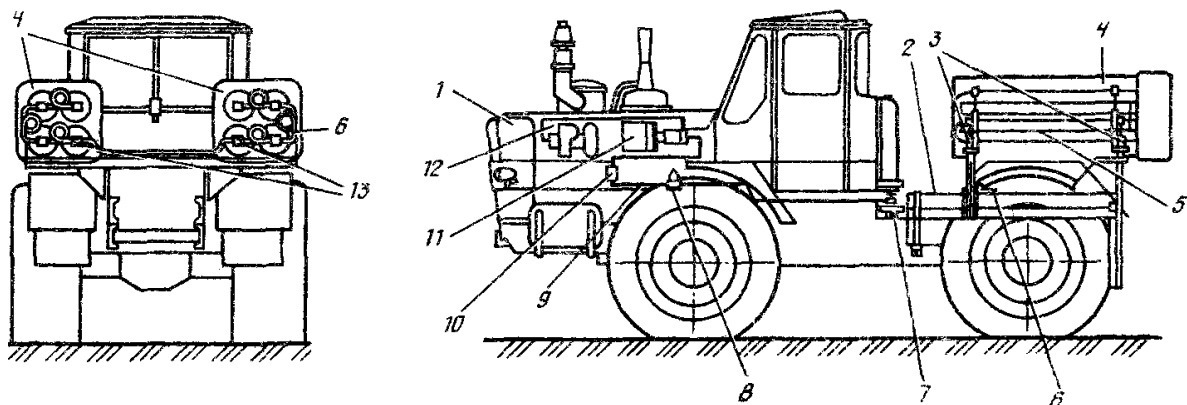
Також газовміщуючі ПС повільніше горять. У той же час, при підвищеному навантаженні газодизеля та (подумки виділена) частина складної багатокомпонентної робочої суміші, яка складається з повітря і газу (а також хімічно інертних залишкових газів), згоряє в циліндрах двигуна все-таки швидше, ніж інша частина такої суміші, утворена за участю розпиленого ДП. Але при зниженні навантаження газодизеля

знижується і циклова подача газу в циліндри (у вигляді ПС, утвореної у впускному колекторі), а відповідна частина складної робочої суміші згоряє вже повільніше, ніж інша частина.

Тому в такому випадку частка ДП у загальній цикловій подачі двох палив повинна зростати (приблизно до 30%, якщо застосовується природний газ). Тут видно, що газодизель повинен мати більш дорогу і складну систему автоматичного регулювання частоти обертання колінчастого валу, вузли якої складним чином впливають на обидва контури паливної системи (газовий і дизельний).

Іншим недоліком газів, суттєвим саме для транспортних засобів (ТЗ), є їхня досить низька щільність (не більше $2,6 \text{ кг/м}^3$ при атмосферному тиску). Цим серйозно утруднюється розміщення на борту ТЗ запасу газу, достатнього для тривалого руху без частих дозаправок. Горючий газ доводиться зберігати в одному балоні або кількох (зазвичай до 10) балонах під значним тиском, на один-три порядки більшим, ніж атмосферний.

Такі балони складніші, важчі і дорожчі, ніж звичайний паливний бак, і створюють помітне навантаження на ходову частину ТЗ, так що доводиться відповідно знижувати вантажопідйомність вантажного автомобіля з газовим двигуном. Для інших ТЗ негативний вплив газових балонів, що перевозяться, менш істотний (зменшення корисного об'єму багажника, запах газу в салоні). На тракторі ці балони можуть додатково навантажити провідний міст (рис. 1), тобто створити позитивний ефект, який дещо знецінюється погіршенням огляду задньої зони, де з трактором має зчеплюватися знаряддя.



1 – облицювання трактора; 2 – технологічна рама; 3 – кронштейн касети 4; 5 – газові балони.

Рис. 1. Розташування газових балонів на дослідному тракторі Т-150К із газодизелем СМД-62

Крім того, низька густина горючих газів призводить до того, що знижується і густина ПС, що утворюється у впускному трубопроводі

двигуна (як правило, газ змішується з повітрям саме там, а не всередині циліндрів). Якщо для бензоповітряної суміші густина близька до $5,1 \text{ кг/м}^3$, то, наприклад, для ПС повітря з метаном (основною складовою природного газу) вона близька до $0,71 \text{ кг/м}^3$ – у сім разів менше, а для ПС з воднем – навіть у 57 разів менше [3].

Щоб компенсувати надмірну легкість газоподібних ПС, доводиться відповідно збільшувати їх об'ємну витрату у впускному трубопроводі (що підвищує відповідні втрати тиску), а також застосовувати наддув, стискаючи повітря або ПС у компресорі.

Хоча генераторний та водяний газ можна отримувати шляхом газифікації твердих палив (вугілля або рослинної біомаси) в газогенераторі безпосередньо на борту ТЗ, вираш від відсутності газових балонів тут перебивається через необхідність об'єму для зберігання запасу такого палива та розміщення газогенератора. Якщо ж обмежуватися кількістю твердого палива, що завантажується в корпус газогенератора, воно не може бути занадто великим (наприклад, не більше 100 кг), і тому робота ТЗ за призначенням повинна буде перериватися паузами для завантажень газогенератора паливом. Біогазова установка набагато більша за величиною, ніж газогенератор, та придатна для живлення біогазом стаціонарного двигуна, у тому числі газодизеля. Але для застосування в ТЗ газодизель тут не вигідний, тому що для нього потрібно біогаз компримувати, витрачаючи роботу.

Ще однією проблемою, специфічною для газодизеля, є перегрів розпилювачів форсунок при підвищеному навантаженні, коли частка ДП в загальній цикловій подачі двох палив мінімальна (10...15%) [4]. Тому, щоб зменшити витрати ДП в 10 разів (стосовно базового дизеля) і не знизити безвідмовність форсунок, потрібно якимось чином організувати додаткове охолодження їх розпилювачів. Газодизель створює шум, рівень якого дещо нижчий (на 3...4 дБА), ніж у базового дизеля; також у 2-3 рази знижується димність відпрацьованих газів [5,6]. Але екологічні властивості газодизелів по відношенню до базових дизелів не завжди покращуються.

Так, при зниженні навантаження газодизеля збіднена газоподібна ПС повільніше і гірше згоряє, і тому зростають викиди продуктів неповного згорання (CO та вуглеводнів) з вихлопними газами, а також погіршується економічність двигуна (за сумою двох палив, що витрачаються). Хоча при підвищеному навантаженні газодизеля цих проблем немає, але збільшується викид оксидів азоту завдяки більш інтенсивному згорянню складної робочої суміші.

Щоб знизити токсичність вихлопних газів газодизеля, можна застосувати рециркуляцію відпрацьованих газів: при цьому знижується окислення азоту під час згорання і полегшується займання робочої суміші при зниженому навантаженні, а також частково вигоряють продукти неповного згорання. Крім того, така рециркуляція,

інтенсивність якої залежить від навантаження двигуна (і підлягає автоматичному регулюванню), дозволила б підтримувати більш стабільний склад газоподібної ПС, причому такий, коли її горіння є найбільш повним, швидким і малотоксичним.

Список використаних джерел

1. Serebryakova N. Areas of energy conservation in animal feed production of Ukraine. Сб. научн. ст. Межд. научно-практ. конф. (Минск, 26–27 ноября 2020 года) Минск: БГАТУ, 2020. С. 276-278.

2. Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. WayScience. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.

3. Стефановский А. Б. Свойства регрессионных зависимостей отношения основных размеров шестерён масляных насосов автотракторных двигателей от разности этих размеров. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 203-224.

4. Boltianskyi O. Environmental benefits of organic agricultural production. Молодь і технічний прогрес в АПК: Мат. Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНТУСГ. 2021. С. 206-209.

5. Boltianskyi O.V., Boltianskyi B.V. Reducing energy expenses in the production of pork. WayScience. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27-29.

6. Болтянський О.В. Тенденції розвитку мобільних енергетичних засобів в розвинених країнах. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: Тези VII Наук.-техн. конф. Глеваха, 2019. С.23-25.