

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОДАЧІ ПАЛИВА ДИЗЕЛІВ ТА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СКЛАД ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ З МЕТОЮ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

¹Вінницький національний технічний університет

²Воєнно-наукове управління Генерального штабу Збройних Сил України

Анотація

Витрата палива в двигуні – один з головних параметрів ефективності його роботи. Він безпосередньо пов'язаний з механічним і хімічним недогоранням палива. Проведений аналіз сучасного стану проблеми діагностування техніко-екологічних показників дизелів транспортних засобів за складом відпрацьованих газів показав актуальність обраної теми дослідження.

Практична реалізація методів діагностування в умовах експлуатації автомобільної техніки і особливо оцінки паливно-економічних показників дизелів, а також технічного стану систем двигуна і паливної апаратури потребує сьогодні вирішення цілого ряду науково-технічних і методичних питань.

Ключові слова: діагностування автомобіля, паливна економічність, відпрацьовані гази, надійність.

Abstract

Fuel engine - one of the main parameters of efficiency. It is directly related to mechanical and chemical nedohorannnyam fuel. The analysis of the current state of the problem of diagnosing technical and environmental performance of diesel vehicles on the composition of exhaust gases showed the relevance of the chosen research topic. Practical implementation of methods for diagnosing operating conditions in automotive technology and in particular assess fuel and economic performance of diesel engines and technical condition of the engine and fuel systems today requires a multitude of scientific, technical and methodological issues.

Keywords: vehicle diagnostics, fuel economy, exhaust gases, reliability.

Витрата палива в двигуні – один з головних параметрів ефективності його роботи. Він безпосередньо пов'язаний з механічним і хімічним недогоранням палива (рис. 1) і тому розробці методів діагностування в умовах експлуатації приділяється особлива увага дослідників.

Найбільш поширеними, в даний час, є методи оцінки витрат, засновані на безпосередньому вимірі маси (ваги) або обсягу палива, що витрачається двигуном за певний проміжок часу [1, 2]. Ці методи принципово прості і забезпечують достатню точність вимірювань, однак, їм властиві істотні недоліки, які роблять скрутним їх застосування в умовах рядовий експлуатації і, особливо в польових умовах. Це обумовлено застосуванням вагових пристроїв високого класу точності, мірних судин або іншого спеціального обладнання. Крім того, при застосуванні цих методів, двигун повинен бути переведений на живлення з мірних судин, що вимагає розбирання паливної системи.

Труднощі організації визначення витрати палива при експлуатації пояснюються також специфічністю процедур і умов вимірювання: досить широкий діапазон вимірюваної витрати (2...70 л/год), необхідність наявності громіздкого обладнання для забезпечення навантаження двигуна, значний перепад температур навколишнього повітря. Певні труднощі у вимірюванні витрати палива дизеля пов'язані з пульсуючим характером подачі паливоподачі насосом і нерівномірним рухом паливного потоку по трубопроводах.

Витрата палива дизеля може бути визначена також на виході з форсунок. На цьому принципі заснований, наприклад, паливовимірювач ГОСНИТИ КИ-4818, якій застосовується в даний час на пересувних діагностичних установках [2]. Він дозволяє вимірювати як повну об'ємну витрату палива, так і окремо по циліндрах. Але застосування його також вимагає розбирання системи паливоподачі високого тиску, що пов'язано з великими витратами часу, а при частому розбиранні, – зниженням надійності двигуна.

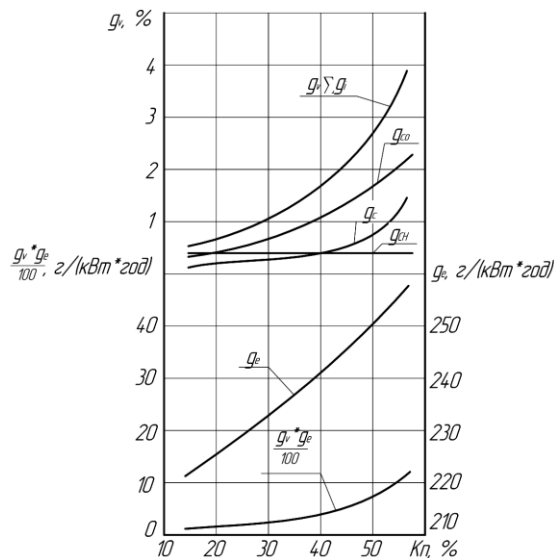


Рисунок 1 – Результати розрахунку недовикористання тепла при неповному згорянні палива:
 g_{CH} – втрати за CH; g_{CO} – втрати за CO; g_C – втрати по сажі; g_{Σ} – сумарні втрати

Для цілей експлуатаційного контролю більш зручні методи непрямого вимірювання об'єму витраченого палива [2] шляхом:

- вимірювання швидкісного напору потоку палива або перепаду тиску на звужуючому пристрої (діафрагма, сопло);
- введення в потік палива трубок Вентурі або ротаметра;
- похитування палива через фіксовані мірні обсяги з підрахунком кількості прокачаної його доз електричним лічильником;
- введення в потік палива різного роду датчиків, які перетворюють його фізичні параметри (тиск, швидкість, магнітну проникність і т. д.) в електричні величини і подальшого їх вимірювання і т.д.

До останньої групи можуть бути віднесені витратоміри, засновані на принципі вимірювання тепловіддачі від нагрітих датчиків в потік палива і вихрові витратоміри. Так, існують пристрої, в яких спеціальний датчик з постійним підведенням теплоти омивається потоком палива в паливопроводі. При зміні кількості палива, що проходить через паливопровід за одиницю часу, змінюється температура датчика, що і фіксує його чутливим елементом – термоперетворювачем. Вихідним сигналом такого пристрою може служити, наприклад, зміна електричного опору термоперетворювача.

Відомі витратоміри, засновані на принципі зміни перепаду температур між двома термоперетворювачами, зміщеними по ходу потоку палива [2]. Проте, ці методи можуть відповідати вимогам оперативного контролю лише у разі постійного знаходження датчиків або мірних пристроїв в системі живлення двигуна. В іншому випадку їх установка не вимагає втручання в паливну систему.

Як показують результати досліджень значний економічний ефект в умовах експлуатації дає спосіб визначення витрати палива дизелів в режимі його вільного розгону без підключення двигуна до гальмової установки [2], оскільки це значно спрощує визначення показників паливної економічності двигуна в польових умовах.

У ГОСНИТИ був розроблений витратомір КИ-12371. Він призначений для вимірювання миттєвого і середнього значень об'ємної витрати палива в діапазоні від 2 до 70 л/год. При діагностуванні дизеля витратомір підключається в паливну магістраль двигуна між фільтром тонкого очищення палива і виходом підкачуючого насоса.

Максимальне значення витрати палива може визначитися в режимі вільного розгону двигуна з використанням ротаметричного диференційно-трансформаторного датчика типу РЕ, шляхом використання імітатора завантаження двигуна (дроселюванням впускного повітряного тракту двигуна) із застосуванням тахометричного датчика типу РЕ (КИ-12371 ГОСНИТИ).

Відомий спосіб визначення витрати палива [3], який заснований на вимірі витрати палива при розгоні з одночасним виміром кількості обертів вала двигуна на ділянках з різними подачами палива.

В процесі розгону тахометром вимірюється кількість обертів холостого ходу до повної подачі палива. Надалі відбувається розгін двигуна при повній подачі палива до моменту початку дії регулятора. В цей час вимірюють кількість обертів двигуна. Після початку дії регулятора подача палива зменшується від повної до мінімальної – при досягненні частоти обертання, що відповідає максимальним обертам холостого ходу. Частота обертання валу двигуна фіксуються при цьому тахометром числа обертів.

Велике поширення для автомобілів з бензиновими двигунами отримали прилади, що вимірюють об'єми палива і швидкість подачі палива [2]. Перевірка витрати палива може здійснюватися, наприклад, за допомогою найпростішого витратоміра палива НІІАТ-ІК-10, який монтується між карбюратором і паливним насосом. Відносна похибка вимірювання становить 1,5–2,0%.

Більш досконалими приладами є витратоміри безперервної дії – поршневі, мембранні та крильчасті. Витратомір палива ЛО-12 конструкції НІІАТ здійснює вимірювання з точністю $\pm 1\%$ та витратомір палива безперервної дії фотоелектричного типу К-457. Принцип дії витратоміра палива заснований на пропорційності витрати палива частоті обертання ротора. Межа виміру палива від 15 до 2000 $\text{см}^3/\text{хв}$. Похибка вимірювання $\pm 2,5\%$.

Із зарубіжних зразків раніше були відомі переносні електронні витратоміри моделі Д-7102 фірми "Ромесс Рогг" (ФРН) [2]. Робота витратомірів заснована на перетворенні величини переміщення поплавця в електричні сигнали. Діапазон вимірювань до 50 л/год з точністю до 2%. Витратомір відноситься до приладів безперервної дії. Його установка на автомобіль займає не більше 5 хвилин.

На підставі аналізу можна зробити висновки про те, що розглянуті методи вимірювання витрати палива не можуть задовольнити повною мірою вимогам оперативного експлуатаційного контролю паливно-економічних показників, оскільки мають ряд істотних недоліків, основним з яких є необхідність часткового розбирання двигунів з втручанням у паливоподаючу систему. Це тягне за собою додаткові трудові витрати і зниження надійності паливної системи і всього двигуна в цілому, внаслідок можливого попадання повітря і інших сторонніх домішок в паливопроводи і порушення герметичності системи паливоподачі після розбирання.

З точки зору вирішення поставленої в роботі мети оперативної оцінки паливних показників, певний інтерес можуть представляти методи непрямого виміру паливних показників, що виключають втручання в систему паливоподачі. Діагностичними показниками, за якими можна було б непрямим чином проводити оцінку витрат палива двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ), є компонентний склад і димність відпрацьованих газів. Застосування методів оцінки технічного стану двигуна і паливної апаратури дизелів по димності і складу відпрацьованих газів є зручним з точки зору оперативності контролю.

При цьому, представляє певну доцільність поєднання аналізу технічного стану ДВЗ і паливної апаратури дизелів з контролем показників їх екологічної безпеки, наприклад, на станціях інструментального контролю технічного стану транспортних засобів. У разі такого поєднання знизяться витрати на діагностичні обладнання, оскільки засоби контролю токсичності відпрацьованих газів можуть дати, наприклад, і вихідну інформацію для визначення паливних показників двигуна.

Останнім часом все більш широке застосування для контролю паливної економічності, токсичності та димності відпрацьованих газів дизелів знаходить режим вільного прискорення. Вимірювання димності відпрацьованих газів на режимі вільного прискорення проводиться при десятикратному повторенні циклу зміни частоти обертання від мінімальної до максимальної швидким, але плавним натисканням педалі подачі палива до упору з інтервалом не менше 15 с. Вимір показників здійснюється в останніх чотирьох циклах за максимальним відхиленням даних вимірювання приладом.

Перевагою методу перевірки димності на режимі вільного прискорення є можливість роботи двигуна, хоч і короткочасно, на режимі повних навантажень в широкому діапазоні частоти обертання вала двигуна. Виконати вимірювання можна просто і швидко, відтворюваність режимів досить висока, проте вимірювання димності можуть забезпечити тільки прилади, що працюють на принципі просвічування відпрацьованих газів. Метод вільного прискорення при контролі димності дизелів широко застосовується як при контролі нових, так і тих, які перебувають в експлуатації двигунів транспортних засобів.

Істотний вплив на точність вимірювання діагностичних параметрів двигуна надає спосіб завдання режимів вільного прискорення. Інструкцією з діагностування дизелів приладом ІМД-Ц рекомендується режими вільного прискорення створювати вручну шляхом впливу оператора на

важіль керування паливopoдaчoю. Така невизначеність у завданні закону впливу на важіль керування паливopoдaчoю часто призводить до нестабільності результатів вимірювань діагностичних параметрів двигуна. Нестабільність результатів вимірювань кутового прискорення послідовних циклів вільного розгону двигунів транспортних засобів коливається в межах 5...7%. Існуючі пристрої для впливу на важіль управління паливopoдaчoю при безгальмівному динамічному способі навантаження двигунів, виконавчий механізм яких може бути пневматичним, гідравлічним, електромагнітним або електромеханічним, дозволяють підвищити точність і зменшити нестабільність вимірювання параметрів двигунів при діагностуванні. До недоліків цих пристроїв слід віднести громіздкість обладнання, високі ударні навантаження на деталі регулятора паливного насоса, певні труднощі з встановлення часткових режимів за оборотами двигуна.

В останні роки широке застосування знаходить безгальмівний динамічний спосіб навантаження двигуна [3] при визначенні потужності, паливних і екологічних показників роботи ДВЗ. Однак, для підвищення точності і стабільності результатів вимірювань діагностичних параметрів при динамічному способі навантаження двигунів, необхідно обґрунтувати закон впливу на важіль керування паливopoдaчoю, що гарантує роботу двигуна по зовнішній коректорній гілці регуляторної характеристики та розробити пристрій, що реалізує цей закон.

Аналіз літературних джерел показує, що питанням діагностування технічного стану ДВЗ за складом відпрацьованих газів приділяється значна увага. Робота присвячена дослідженню зв'язків основних регульованих параметрів двигуна і паливної апаратури по вмісту токсичних компонентів і димності відпрацьованих газів [4].

У роботі [3] проведені дослідження по виявленню впливу зносу двигуна на викид токсичних речовин. В роботі [5] доводиться можливість застосування токсичності відпрацьованих газів в якості діагностичних параметрів граничного стану автомобільних двигунів. В окремих роботах розглядаються методичні питання діагностування двигунів з використанням аналізу складу відпрацьованих газів. Так, в роботах [6] наводяться відомості про діагностування технічного стану двигунів та відомості про діагностування циліндро-поршневої групи.

В останні роки в діагностичній практиці стали застосовуватися інструментальні методи, що дозволяють оцінювати за димністю і аналізу складу відпрацьованих газів ступінь завершеності окислювальних реакцій, і, отже, – паливної економічності двигуна. Найбільш близько до цього питання підійшли дослідники, що займаються оцінкою використання палива і повітря в робочому циклі двигуна за результатами аналізу складу відпрацьованих газів. Зазвичай така оцінка зводилася до визначення повітряно-паливного співвідношення (коефіцієнта надлишку повітря) [3].

Великий інтерес представляє метод визначення технічного стану двигуна за складом відпрацьованих газів і картерних газів, який є серйозним резервом розвитку безрозбірної діагностики ДВЗ в цілому і може являти собою систему діагностики деталей паливної апаратури і циліндро-поршневої групи. Дійсно, відпрацьовані і картерні гази двигунів несуть інформацію про технічний стан, наприклад, паливна апаратура, циліндро-поршневої групи, можуть побічно вказувати на ступінь теплової напруженості її окремих деталей.

По виходу оксидів азоту можна судити і про регулювання кута випередження паливopoдaчі, про температуру поршнів і головки блоку циліндрів, про ступінь збільшення нагару (щодо збільшення стиснення і виходу, внаслідок цього, підвищеної концентрації оксидів азоту з відпрацьованими газами). За наявності підвищеного вмісту в картерних і відпрацьованих газах парів води можна визначити нещільності в деталях циліндро-поршневої групи і системі охолодження двигуна.

Діагностичними ознаками появи несправностей дизеля, пов'язаних з попаданням масла в камеру згоряння, є колір відпрацьованих газів, витрата мастила і значення надлишкового тиску газів у картері двигуна. Чорний колір відпрацьованих газів є показником нестачі повітря в паливній суміші; наявність синього або темно-синього відтінку у відпрацьованих газах свідчить про згорянні надлишкової кількості масла. Однієї з розповсюджених причин потрапляння останнього в камеру згоряння є знос поршневих кілець і втулок циліндрів, а також вироблення втулок клапанів і їх ущільнень.

Одним з ефективних способів визначення надмірної подачі палива є контроль температури відпрацьованих газів і величини розрідження у впускному колекторі в сталому режимі при повному навантаженні дизеля. Підвищена температура відпрацьованих газів вказує на зменшення коефіцієнта надлишку повітря. Температура відпрацьованих газів досить повно характеризує технічний стан дизеля і є легко контрольованим діагностичним параметром.

Для підвищення ефективності діагностування паливно-економічних властивостей автомобіля, а також зниження трудомісткості діагностування була досліджена принципова можливість та розроблено методику кількісної оцінки витрати палива за непрямими критеріями. В якості непрямих параметрів паливної економічності прийнятий аналіз складу відпрацьованих газів. Даний метод заснований на вимірюванні величин окремих компонентів продуктів згоряння, концентрація яких в значній мірі залежить від технічного стану двигуна і його систем, що впливають на повноту згоряння палива. Якісне уявлення про технічний стан двигуна і його систем дасть аналіз відпрацьованих газів на димлення, а також вміст CO, CO₂ і CH.

Використання окису вуглецю в якості непрямого параметра паливної економічності дозволяє легко автоматизувати процес діагностування автомобіля, а також контролювати викиди шкідливих речовин у продуктах згоряння на основних експлуатаційних режимах.

В основному така оцінка зводиться до визначення повітряно-паливного співвідношення (коефіцієнта надлишку повітря) в циліндрах двигуна, значення якого може бути визначено, виходячи з балансу основних компонентів складу палива і повітря.

Найбільшу точність при розрахунку паливних показників дизелів по складу відпрацьованих газів можуть дати залежності, що враховують зміст найбільш інформативних, з точки зору оцінки паливних показників, компонентів. Такими будуть ті компоненти, зміст яких найбільшою мірою зміниться при змінах навантажувального режиму дизеля. Для підвищення оперативності аналізу доцільно застосування залежностей, які дозволяють проводити розрахунки при наявності даних про вміст у відпрацьованих газах тільки одного з основних компонентів. Бажано також наявність можливості введення в залежності коригувань, що дозволяють підвищити точність розрахунків при значній неповноті згоряння палива.

Проведений аналіз сучасного стану проблеми діагностування техніко-екологічних показників дизелів транспортних засобів за складом відпрацьованих газів показав актуальність обраної теми дослідження. Про це в повній мірі свідчить та обставина, що введені в дію стандарти, які рекомендують застосування результатів аналізу відпрацьованих газів для діагностики технічного стану ДВЗ і та [7].

Однак, практична реалізація методів діагностування в умовах експлуатації автомобільної техніки і особливо оцінки паливно-економічних показників дизелів, а також технічного стану систем двигуна і паливної апаратури, що чинять безпосередній вплив на показники екологічної безпеки, потребує сьогодні вирішення цілого ряду науково-технічних і методичних питань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. О возможности и перспективах оценки экономических показателей дизеля с использованием анализа состава отработавших газов / А.В.Николаенко, О.И.Дёмочка, В.Н.Ложкин, В.М.Заводчиков в кн.: Современный уровень и пути совершенствования экономических и экологических показателей ДВС. - Ворошиловград, 1983. - 38 с.
2. Говорущенко И.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / И.Я.Говорущенко. - М.: Транспорт, 1990. - 135 с.
3. Sachse J. Verminderten Kraftstoffverbrauch vor Kraftfahrzeug - Dieselmotoren durch Einhaltung der Rauchgrenzwerte sowie durch andere zielgerichtete Abgasmaßnahmen / J.Sachse, M.Torgeю. Kraftfahrzeugtechnik. - 1981. JY° 10, S. 302 -306.
4. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г.Круглова. - М.: Машиностроение, 1983.-372 с.
5. Жегалин О.И. Снижение токсичности автомобильных двигателей / О.И.Жегалин, П.Д.Лупачев. -М.: Транспорт, 1985. - 120 с.
6. Monssavi M. The impacts of environmental legislation and vehicle emissions on the future of alternative fuels in the transportation industry / M.Monssavi, K.Hughes. / Transactions of the Nebraska Academy of Sciences. - 1992. - 19. - P. 1-6.
7. Simons W. Vergleich von Gleichungen zur Bestimmung der lufthzahl bei Ottomotoren / W.Simons. Technische Überprüfung 24. - 1983. – JY№ 1. - S. 22 - 27.

Поляков Андрій Павлович – д.т.н., професор, професор кафедри АТМ, Вінницький національний технічний університет, e-mail: poliakov@vntu.edu.ua, Україна, 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Миронюк Микола Юрійович – офіцер відділу організації випробувань озброєння та військової техніки Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України, e-mail: usrex83@mail.ua, Україна, 21021, м. Київ, вул. Дегтярівська, 95.

Polyakov Andrey – professor, professor of ATM, Vinnytsia National Technical University, e-mail: poliakov@vntu.edu.ua, Ukraine, 21021, m. Vinnytsya, Khmelnytsky Highway 95.

Myronyuk Nikolay - officer of testing weapons and military equipment Military Science Department of the General Staff of Ukraine, e-mail: usrex83@mail.ua, Ukraine, 21021, m. Kyiv, str. Detyarivska 95.