

УДК 681.586, 621.43

Ю. О. СМОЛІН**ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ПОКАЗНИКІВ ГАЗООБМІНУ В ДИЗЕЛІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Розглянуті особливості вимірювань параметрів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) при проведенні їх досліджень і випробувань, а також вплив газодинамічних процесів. Зазначено, що застосування моделювання процесів дозволяють одержати тільки орієнтовні дані про кількісні оцінки та якість процесів. Показано, що фізичні процеси, які протікають у циліндрі при згоранні робочої суміші, а саме, розширення, випуск, продувка, наповнення, упорскування палива і стиск істотно відрізняються. Доведено, що проби газу з порожнини циліндра можна відбирати тільки на строго обмежених ділянках робочого циклу. Відбір газу повинен бути короткочасним і початок відбору газу із циліндра повинен бути жорстко прив'язаний до якого-небудь моменту робочого циклу двигуна. Наведено структурну схему електронної системи діагностики показників газообміну в дизелі і дано опис її роботи. Наведені основні показники, що характеризують газодинамічні процеси, які протікають в циліндрі ДВЗ. Показано, що проби газу аналізували методом газоабсорбційної хроматографії. Виділені додаткові зміни, які було внесено до хроматографа. Наведені вирази за якими визначалися окремі складові робочих газів. Отримані експериментальні залежності об'ємної концентрації надлишкового азоту, об'ємної концентрації вуглекислого газу, коефіцієнта надлишку повітря та коефіцієнта залишкових газів при роботі двигуна ОД 100 по тепловозній характеристиці.

Ключові слова: електронна система діагностики, показники газообміну, газоабсорбційна хроматографія, експериментальні залежності показників газообміну.

Ю. А. СМОЛИН**ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГАЗООБМЕНА В ДИЗЕЛЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Рассмотрены особенности измерений параметров двигателей внутреннего сгорания (ДВС) при проведении их исследований и испытаний, а также влияние газодинамических процессов, происходящих в газоздушных трактах, в процессе продувки и наполнения цилиндров. Отмечено, что применение численного моделирования процессов газообмена и построение различных моделей позволяют получить только ориентировочные данные о количественных оценках и качестве процессов, протекающих в цилиндре двигателя. Показано, что физические процессы, протекающие в цилиндре при сгорании рабочей смеси, а именно, расширение, выпуск, продувка, наполнение, впрыск топлива и сжатие существенно отличаются, как по физической природе, так и по химическому составу. Доказано, что пробы газа из полости цилиндра можно отбирать только на строго ограниченных участках рабочего цикла. Отбор газа должен быть кратковременным и начало отбора газа из цилиндра должно быть жестко привязано к какому-либо моменту рабочего цикла двигателя. Приведена структурная схема электронной системы диагностики показателей газообмена в дизеле и дано описание ее работы. Перечислены параметры и характеристики системы, которые регистрировались в процессе проведения эксперимента и диапазоны числовых значений их возможных изменений. Приведены основные показатели, характеризующие газодинамические процессы, протекающие в цилиндре ДВС. Показано, что пробы газа анализировали методом газоабсорбционной хроматографии. Выделены дополнительные изменения, которые были внесены в хроматограф. Приведены выражения, по которым определялись отдельные составляющие рабочих газов. Полученные экспериментальные зависимости объемной концентрации избыточного азота, объемной концентрации углекислого газа, коэффициента остатка воздуха и коэффициента остаточных газов при работе двигателя ОД 100 по тепловозной характеристике.

Ключевые слова: электронная система диагностики, показатели газообмена, газоабсорбционная хроматография, экспериментальные зависимости показателей газообмена.

Yu. O. SMOLIN**ELECTRONIC DIAGNOSTIC SYSTEM FOR GAS EXCHANGE IN DIESEL AND EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS**

The features of the measurement parameters of the internal combustion engine (ICE) during their research and testing, and the impact of gas dynamic processes occurring in the flowpath during the purge and cylinder filling. It is noted that the use of numerical modeling of gas exchange processes and building a different model gives only an indication of the quantitative evaluation and quality processes that take place in the cylinder. It is shown that the physical processes that occur in a cylinder during combustion mixture, namely, expansion, release blowing, filling, compression and fuel injection differ greatly, both in the physical nature and chemical composition. It is proved that the gas sample from the cavity of the cylinder can be selected only at strictly limited areas of the working cycle. The selection of gas must be short and the beginning of the gas sampling cylinder to be rigidly tied to any point of the engine operating cycle. Shows a block diagram of an electronic diagnostic system gas exchange in a diesel engine, and a description of its operation. Lists the parameters and characteristics of the system, which were recorded in the course of the experiment and the numerical values of the ranges of possible changes. The main indicators characterizing the gas-dynamic processes in an internal combustion engine cylinder. It is shown that the sample was analyzed by gas chromatography gazoabsorbtsionnoy. Allocated additional changes that were introduced into the chromatograph. The expressions of which are determined by the individual components of the working gas. The experimental dependence of the volume concentration of excess nitrogen, the coefficients of residual air and the coefficients of residual gases during the operation of the engine OD 100 by diesel locomotive arrangement.

Keywords: electronic diagnostics, gas exchange parameters, gazoabsorbtsionnaya chromatography, depending on experimental parameters of gas exchange.

Вступ. Електронна система визначення показників газообміну в дизелі є класичним представником комп'ютерних та радіоелектронних систем діагностики. Двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) взагалі, і дизелі зокрема, належать до числа найбільш складних теплових машин. Процеси, що протікають у них, характеризуються великим числом величин, що одночасно, змінюються, складністю законів їхньої зміни й малих відрізків часу. Із цих причин виміри, проведені при дослідженні й

доведенні дизелів і застосовувані для цих цілей прилади, досить численні й різноманітні. Досить указати, що в практиці науково-дослідних робіт з дизелів доводиться визначати, принаймні, не менш 50 параметрів і певних значень змінних величин, що ставляться до процесів у циліндрі, до динаміки явищ у газових трактах і паливній системі, до характеристик

© Ю. О. Смолін, 2019

міцності, до роботи систем і т.д. [1]. Ці виміри можуть бути виконані для багатьох випадків тільки із застосуванням спеціальних засобів радіоелектроніки, тобто систем контролю та діагностики, які входять до складу автоматизованих систем наукових досліджень (АСНД) двигунів внутрішнього згоряння (АСНД ДВЗ) [2, 3].

Електронна система діагностики, що пропонується, здійснює відбір газів з циліндрів двигуна внутрішнього згоряння. Але ж основним призначенням цієї системи є визначення складу газу з проб газу, що відбиралися з циліндрів ДВЗ. В подальшому аналізувати ці проби можливо за допомогою газоаналізаторів.

Постановка проблеми. Газодинамічні процеси, що відбуваються в газоповітряних трактах, істотно впливають на продувку і наповнення, що в свою чергу позначається на техніко-економічних показниках роботи двигуна. Експериментальні дані про показники газообміну дозволяють намітити шляхи вдосконалення цих процесів. Сказане відноситься до процесів, що відбуваються при газообміні в усіх двигунах внутрішнього згоряння, в тому разі і у дизелях.

Застосування чисельного моделювання процесів газообміну на комп'ютері і побудова різних моделей дозволяють одержати тільки орієнтовне, у найкращому разі приблизні дані про якість процесів, що протікають і їхні кількісні оцінки. Тому дані, отримані в результаті експерименту залишаються найбільш достовірними, надійними й точними [4].

Тобто достеменні дані про показники газообміну в циліндрах ДВЗ можна одержати тільки на основі хроматографії проб газу, що отримані експериментально за допомогою спеціалізованих систем діагностики [5].

Мета роботи. Створити електронну систему діагностики, що дозволяє відбирати проби газу в циліндрах двигунів внутрішнього згоряння на конкретних ділянках робочого циклу двигуна, з подальшим визначенням об'ємної концентрації окремих компонентів газу в циліндрі ДВЗ на цих ділянках.

Основна частина. Вирішуючи експериментальну задачу по відборі проб газу із циліндра працюючого дизеля не можна не враховувати процеси, що протікають у циліндрі. На рис.1 показана розгорнута індикаторна діаграма двотактного дизеля, що представляє собою залежність тиску в циліндрі від положення поршня, вираженого в кутах повороту колінчатого вала (к.п.к.в.) щодо нижньої мертвої точки (н.м.т.).

Максимальний тиск у циліндрах дизеля може досягати $120\div 130 \text{ кг/см}^2$ у момент згоряння палива й знижуватися нижче атмосферного в режимі випуску й продувки.

Частота обертання сучасних дизелів, залежно від типу й режиму роботи також може істотно змінюватися. Звичайно вона лежить у межах від кількох сотень до декількох тисяч об/хв, і, отже, тривалість одного робочого циклу може змінюватися

від 200 мс у тихохідних дизелів, до 20 мс і менш, у швидкохідних [4].

Таким чином, робочий процес у циліндрі характеризується зміною тисків у широких межах за короткі інтервали часу. Отже, перша похідна за часом, тобто швидкість наростання тиску – велика.

З індикаторної діаграми видно також, що фізичні процеси різноманітні (згоряння, що протікають у циліндрі, розширення, випуск, продувка, наповнення, упорскування палива або робочої суміші, стиск) і істотно відрізняються як по фізичній природі так і по хімічному складі [4,5].

Із проведеного аналізу витікає, що:

- по-перше, проби газу з порожнини циліндра можна відбирати тільки на строго обмежених ділянках робочого циклу;

- по-друге, відбір газу повинен бути короткочасним;

- по-третє, початок відбору газу із циліндра повинен бути жорстко прив'язаний до якого-небудь моменту робочого циклу двигуна.

Електропневматична схема електронної діагностичної системи показників газообміну, що пропонується, наведено на рис. 2. Така схема задовольняє всім перерахованим вище вимогам і містить у собі наступні блоки:

а) електромагнітний клапан, до складу якого у свою чергу надходять такі вузли, як:

– електромагніт, що складається із двох частин: механічного виконавчого пристрою (осердя) й котушки;

- керований блок живлення електромагніта;

- реєстратор тривалості відкриття клапана;

б) індикатор переміщення клапана;

в) аспіратор;

г) блок керування електромагнітним клапаном;

д) датчик верхньої мертвої точки (в.м.т.);

е) датчик кута повороту колінчатого вала (к.п.к.в.).

ж) датчик тиску.

Робота системи з відбору газів полягає в наступному. Блок керування електромагнітним клапаном, що синхронізується сигналами датчика в.м.т., повинен виробляти потужні імпульси електричного струму, які надають рух осердю електромагніта, що діє на клапан, у результаті чого порції газу із циліндра надходять в аспіратор. Початок керуючого імпульсу повинне бути жорстко прив'язане до сигналів датчика к.п.к.в.

При цьому тривалість керуючого імпульсу повинна регулюватися в досить широких межах.

У такому пристрої відбору газів можна виділити два основних вузли:

1) блок керування електромагнітним клапаном;

2) електромагнітний клапан у складі електромагніта з керованим джерелом живлення, що забезпечує подачу імпульсу струму в обмотку електромагніта, а також реєстратора тривалості відкриття клапана, який забезпечує візуальний контроль тривалості відкриття клапана й величини його переміщення.

Такі вузли ставляться до спеціальних засобів радіоелектроніки для дослідження двигунів, якою і є електронна діагностична система показників

газообміну. Вони не випускаються промисловістю й розробка їх сполучена з досить більшими труднощами.

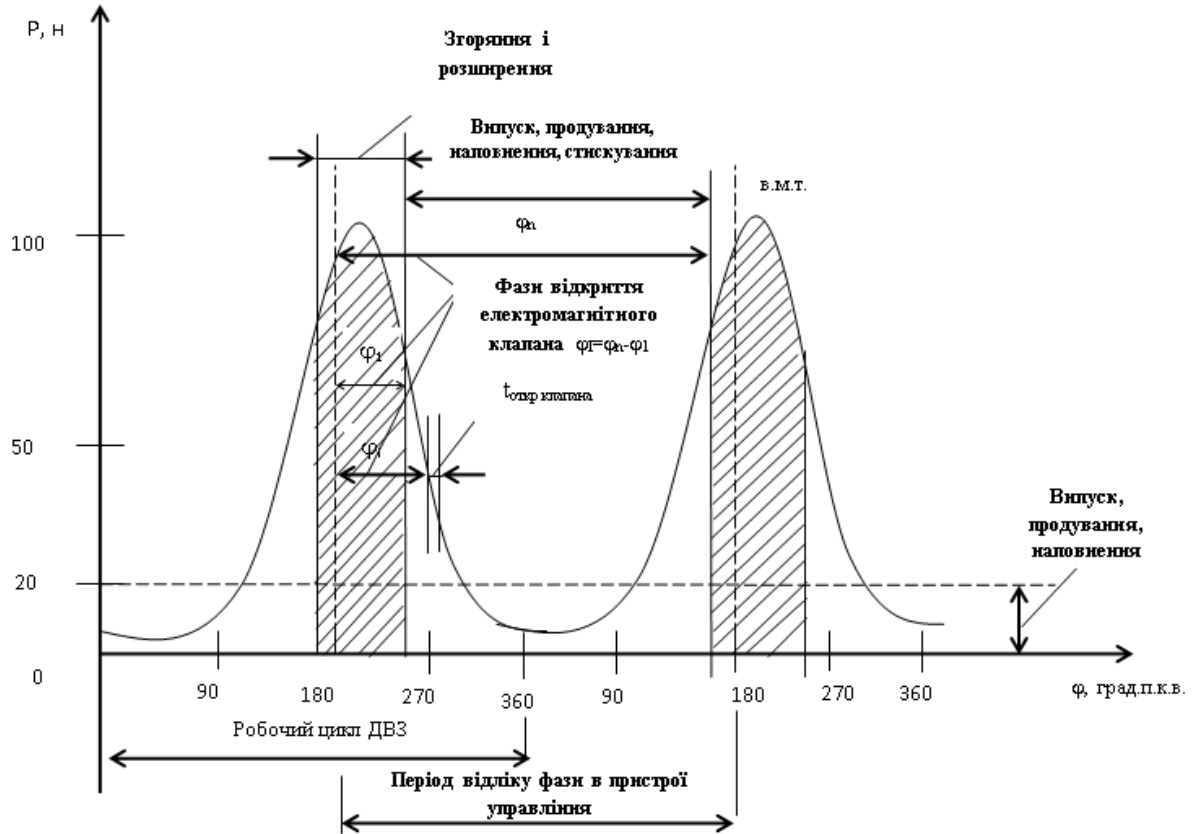


Рис. 1 – Розгорнена індикаторна діаграма двотактного ДВЗ

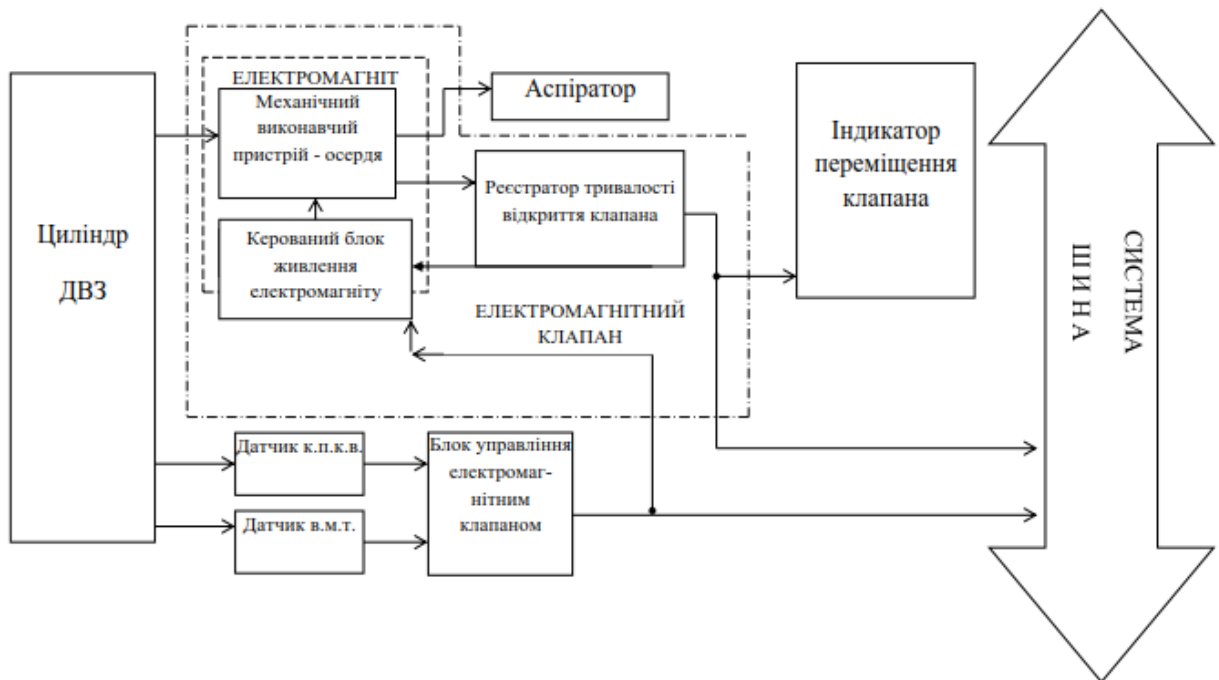


Рис. 2 – Структурна схема електронної діагностичної системи показників газообміну

Дослідження газодинаміки у двигунах проводяться звичайно на стадії доведення двигуна і є одноразовими на кожному етапі доведення. Тому, в цьому випадку, немає необхідності в розробці додаткового дорогого програмного й алгоритмічного забезпечення АСНД. Комп'ютер управляє режимом роботи двигуна, а із пристрою відбору газів у загальну шину надходить тільки інформація про наявність керуючого імпульсу й тривалості включення електромагнітного клапана.

Функціонує електронна діагностична система показників газообміну в такий спосіб. Блок керування електромагнітним клапаном виробляє короткий керуючий імпульс із часовою затримкою, яка задається стосовно якої-небудь маркерної мітки прихожої від датчиків установлених на колінчастому валу ДВЗ. Цей імпульс надходить у блок формувача керуючих імпульсів джерела живлення обмотки електромагніта, де формується імпульс певної тривалості, обумовленої задатчиком тривалості.

Таким чином, у кероване джерело живлення обмотки осердя надходить керуючий імпульс заданої тривалості й із заданим часовим зрушенням стосовно маркерної мітки ДВЗ. Живлення на обмотку електромагніта подається в певні часові інтервали. В результаті клапан спрацьовує в задані моменти часу й утримується у відкритому стані заздалегідь певний час.

Блок живлення забезпечує працездатність як самого електромагніта так і плати керування.

Такий пристрій дозволяє відкривати електромагнітний клапан зі звуком стосовно маркерної мітки.

Для досліджень брали одноциліндровий відсік ОД100 ВО «Завод ім. Малишева», оснащений гільзою циліндрів двигуна ЗД100 з отвором під пусковий клапан, в якому знаходився газовідбірний клапан.

Така установка дозволяє звести до мінімуму обсяг між дзеркалом циліндра і тарілкою клапана (в наших дослідженнях він дорівнює 4 см).

У схемі блоку управління передбачені дільник числа сигналів з в.м.т. і плавне регулювання тривалості керуючого сигналу подачі імпульсу на електромагніт. Дільник числа сигналів з в.м.т. регулює число пропускних циклів, завдяки цьому проби газу можна відбирати не в кожному циклі, а через 8,16,32, 64 циклу. Плавне регулювання тривалості керуючого сигналу φ_y забезпечує початок відкриття клапана в будь-якій фазі в межах 0-360 град. п.к.в. Тензометричний перетворювач перетворює переміщення клапана в електричний сигнал, який через підсилювач подається на вхід шлейфового і електронно-променевого осцилографа.

В ході експериментальних досліджень на плівку записували такі позначки і процеси: відмітка в.м.т. ; керуючий сигнал; тривалість відкриття клапана $\varphi_{кл}$. Обробка осцилограм дозволила визначити тривалість запізнювання спрацьовування клапана φ_z . Вибором торцевого зазору між якорем і переднім фланцем корпусу електромагніту, зміною зусилля попереднього зтягування пружини і регулюванням ходу клапана можна впливати на тривалість його відкриття в інтервалі 8 – 25мс. З урахуванням φ_z встановлювалися моменти початку відбору проб газу на лінії стиснення φ_c і розширення φ_p . Інтервал регулювання керуючого сигналу знаходиться в межах 40-390 мс, тому для відбору проб газу з циліндра двигуна в якості керуючої в.м.т., від якої відраховували φ_y , брали в.м.т., що передує досліджуваному циклу. Значення φ_c , φ_p і $\varphi_{кл}$, що визначаються за осцилограмами, а також значення обсягів відібраної проби $V_{пр}$ при ході клапана $2 \div 2,2$ мм наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Моменти початку відбору газу

Частота обертання $n, \text{хв}^{-1}$		850	785	660	590	465	400
Ділянки стиснення	φ_c , град. п.к.в. до в.м.т.	75	65	60	55	50	55
	$\varphi_{кл}$, град. п.к.в.	53	45	48	40	30	22
	$V_{пр} \text{ см}^3$	420	300	370	260	260	270
Ділянки розширення	φ_c , град. п.к.в. после в.м.т.	85	80	70	70	70	70
	$\varphi_{кл}$, град. п.к.в.	65	65	55	55	40	25
	$V_{пр} \text{ см}^3$	180	165	170	120	100	100

На лінії стиснення момент початку відбору проби газу вибирали по можливості ближче до в.м.т., коли свіжий заряд добре перемішався з залишковими газами. Обсяг відібраної проби при цьому великий, так як відкриття клапана здійснюється при відносно невеликому тиску, а відбір газу – при різко наростаючому. Відібрати відпрацьовані гази в двотактному двигуні на випуску, щоб визначити коефіцієнт надлишку повітря при згорянні α , важко. В чистому вигляді випуск триває всього 16 град. п. к. в., потім починається продувка. Горіння в циліндрі

закінчується до моменту досягнення максимального значення коефіцієнта активного тепловиділення (X_{\max} при $60 \div 80$ град. п.к.в. після в.м.т. на всіх режимах тепловозній характеристики). Незначний вміст окису відібраного на лінії розширення ($0,013 \div 0,022\%$), підтверджує наше припущення про те, що горіння на лінії розширення не відбувається і склад газу в циліндрі двигуна практично не змінюється. Щоб оцінити витік продувочного повітря θ , крім значення α , необхідно знати сумарний коефіцієнт надлишку

повітря α_c , який визначали в пробах газу, що відбираються з випускного колектора.

Газодинамічні процеси протікають в циліндрі ДВЗ характеризуються цілим рядом показників, основними з яких є [4]:

- N_2^* – об'ємна концентрація збиткового азоту, тобто це азот повітря, кисень якого вступив в реакцію (%);

- CO – об'ємна концентрація окису вуглецю (%);

- CO_2 – об'ємна концентрація вуглекислого газу(%);

- α – коефіцієнт збитку повітря – це відношення дійсної кількості повітря до кількості повітря, яке теоретично необхідно для згоряння палива масою 1 кг;

- γ – коефіцієнт залишкових газів – це відношення кількості залишкових газів (в кмоль) до кількості свіжого заряду в циліндрі (в кмоль)

Аналізували проби газу методом газоабсорбційної хроматографії [5,6] на газоаналізаторі ХЛ-4. У заводському виконанні цей хроматограф не міг бути використаний для аналізу робочих газів через цілу низку причин:

– велика протяжність газових комунікацій від місця введення проби до розділової колонки і від неї до детектора, що викликає розмивання проби;

– низька чутливість детектора, що працює по теплопровідності;

– нестабільність витрати газу-носія та інше.

Для забезпечення якісного аналізу робочих газів ДВЗ в хроматограф ХЛ-4 були внесені наступні основні зміни:

1) застосована розділова колонка, що складається з двох частин довжиною $l_1 = 150$ мм і $l_2 = 450$ мм, між якими встановлено кран дострокового виведення проби.

2) виготовлений і встановлений новий, більш чутливий термохімічний детектор.

3) в якості абсорбенту застосоване активоване вугілля марки СКТ з розміром зерна 0,3-0,12 мм, що при зазначеній довжині колонки (600 мм) в діаметрі 4 мм дозволяє отримати достатній поділ азоту і окису вуглецю.

4) в якості газу-носія застосовано повітря, що пояснюється його доступністю, стабільністю складу і забезпеченням згоряння горючих компонентів (H_2 , CO і CH_4) в детекторі.

При використанні в якості газу-носія повітря детектор хроматографа фіксує наявність в аналізованій пробі лише надлишкового азоту (N_2^*), тобто азоту повітря, кисень якого вступив в реакцію. Решта азоту і кисню, співвідношення між якими дорівнює 3,78 (як в повітрі), тобто повітря приймають складається з 0,21 об'ємних частин кисню (O_2) і 0,79 об'ємних частин азоту (N_2) хроматографом не фіксується. Ця особливість хроматографа значно підвищує точність визначення коефіцієнта надлишку повітря α .

Припускаючи, що згоряння в циліндрі двигуна повне, наведемо основні залежності для визначення CO_2 в пробах газу.

Процентний вміст CO_2 , в пробах, взятих відповідно на лініях розширення і стиснення, з випускного колектора можна знайти з виразу

$$CO_2 = \frac{0,209}{0,791} N_2 \left[1 - \frac{\beta}{(0,791 + \beta)} \right], \quad (1)$$

де $\beta = 0,358$ -характеристика палива.

З огляду на незвичайну інтерпретацію складу робочих газів, одержуваних на хроматографі (визначається лише надлишковий азот і не визначається кисень), загальноприйняті формули, виведені стосовно газоаналізатора типу ВТІ-2, не можуть бути використані. На підставі аналізу особливостей хроматографічного методу виведені нові формули.

При повному горінні α визначається за формулою

$$\alpha = \frac{0,791}{N_2^x} (100 - CO_2) + 0,209, \quad (2)$$

де N_2^x – об'ємна концентрація надлишкового азоту, %; CO_2 – об'ємна концентрація вуглекислого газу, %.

При неповному згорянні формула для визначення α має вигляд

$$\alpha = \frac{0,791 [100 - (CO_2 + CO + H_2 + \sum C_m H_n)] + 0,209 N_2^x}{N_2^x + 1,89 [CO + H_2 + \sum (2m + \frac{n}{2}) C_m H_n + 2C]}, \quad (3)$$

де $CO, H_2, C_m H_n$ – об'ємні концентрації (у відсотках) відповідно окису вуглецю, водню і важких вуглеводнів; C – умовна об'ємна концентрація незгорілого вуглецю, м / м³,

При наявності в продуктах горіння недопалу у вигляді CO і H_2 , формула (3) спрощується, набуваючи вигляду

$$\alpha = \frac{0,791 (100 - CO_2 - CO - H_2) + 0,209 N_2^x}{N_2^x + 1,89 (CO + H_2)}. \quad (4)$$

Коефіцієнт витоків продувочного повітря визначався за формулою

$$\vartheta = \frac{\alpha_T - \alpha}{\alpha_T}, \quad (5)$$

де α_T – сумарний коефіцієнт надлишку повітря, визначений на підставі результатів аналізу проби з випускного ресивера.

Коефіцієнт залишкових газів γ визначався по об'ємним концентраціям CO_2 , на такті випуску і такті стиснення:

$$\gamma = \frac{CO_2 - CO_{2b}}{CO_2 - CO_2} \cdot \frac{1 - H_2 O_{в03}}{1 - \frac{0,5H + H_2 O_{в03} \alpha M_0}{\alpha M_0 + \frac{H + O}{32}}}, \quad (6)$$

де CO_2, CO_2^b , и CO_{2b} – об'ємна концентрація вуглекислого газу відповідно на тактах випуску, стиснення і в навколишньому повітрі; $H_2 O_{в03}$ – об'ємний вміст водяної пари в повітрі:

- M_0 – теоретично необхідна кількість повітря, кмоль / кг палива;

- H і O – вагові частки водню і кисню в паливі.

Показники газообміну двигуна ОД100 визначали на режимах тепловозній характеристики, тобто коли потужність тепловозного двигуна, що витрачається на привід головного електрогенератора тепловоза, залежить від частоти обертання.

З метою забезпечити достовірність результатів, проби газу на кожному з режимів роботи відбирали в кілька аспіраторів і проводили повторні випробування.

Результати експериментальних досліджень показників газообміну тепловозного дизеля ОД100 наведені на рис. 3 ÷ 6.

Точками на графіках показані експериментальні значення. На режимах 400÷550 об / хв, в очевидь через малі тиски в циліндрі, не вдалося відібрати представницькі проби газу для визначення α і γ . Тому на цих ділянках вони визначалися розрахунковим шляхом і на графіках показані пунктиром.

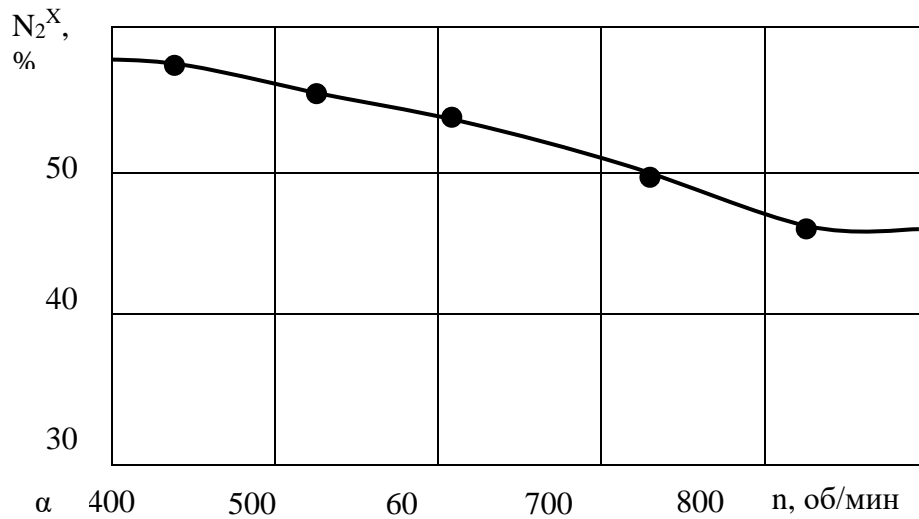


Рис. 3 – Об'ємна концентрація надлишкового азоту двигуна ОД100 при роботі по тепловозній характеристиці

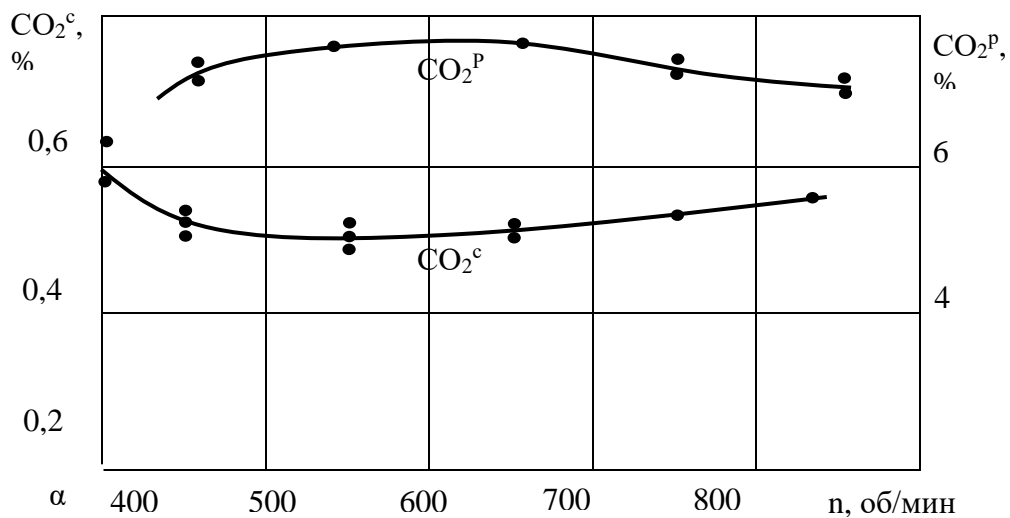


Рис. 4 – Об'ємна концентрація вуглекислого газу двигуна ОД100 при роботі по тепловозній характеристиці

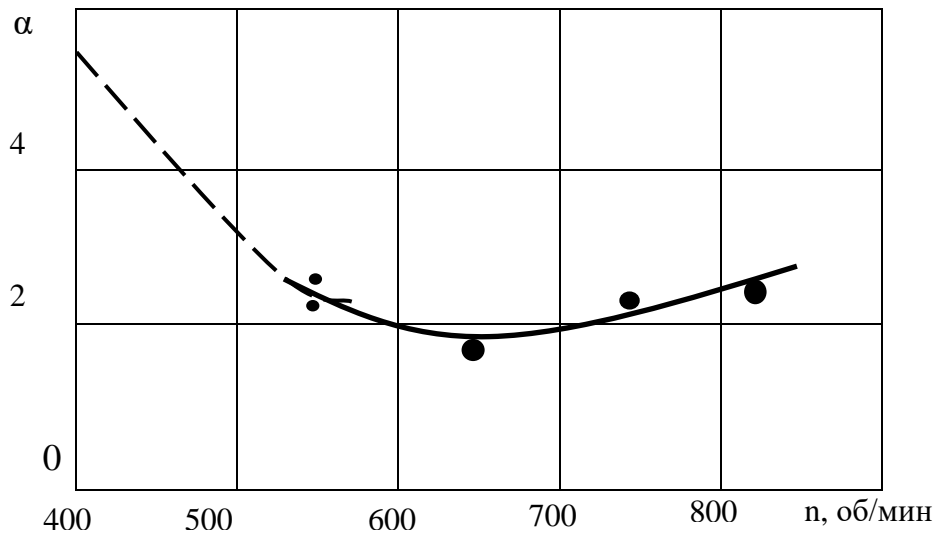


Рис. 5 – Залежність коефіцієнта надлишку повітря при роботі двигуна ОД 100 по тепловозній характеристиці

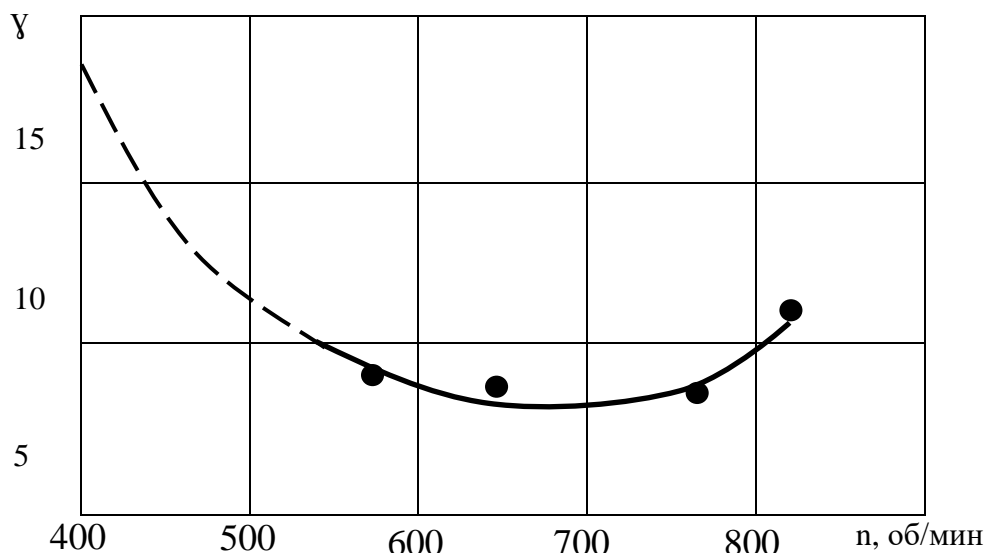


Рис. 6 – Залежність коефіцієнта залишкових газів при роботі двигуна ОД 100 по тепловозній характеристиці

З наведених результатів і аналізу робочих газів слідує:

1) у міру зниження n на режимах тепловозній характеристики збільшується вміст основних компонентів в пробі (N_2^* і CO_2), що визначає зменшення α ;

2) на режимах тепловозній характеристики від 530 до 1000 об / хв N_2^* і CO_2 в пробі з випускного патрубка кришки циліндра більше, ніж N_2^* і CO_2 в пробі газів з випускного ресивера, що визначає наявність продувки;

3) недопал у вигляді H_2 і CO незначний по всій характеристиці може бути досить точно визначений тільки за допомогою високочутливого газоаналізатора.

Висновки.

1) Розроблена електронна система діагностики показників газообміну в дизелі і, в тому разі конструкція газовідборного клапана застосована для відбору проб робочих газів, виявилися надійними і забезпечили представництво проби газів на всіх ділянках робочого циклу.

2) Отримані експериментальні дані показників газообміну дозволяють намітити шляхи вдосконалення процесів в газоповітряних трактах, що в свою чергу позначиться на техніко-економічних показниках роботи двигуна.

Список літератури

1. Технические средства диагностирования: Справочник. / под ред. В.В. Клюева – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
2. Смолин Ю.А. Об общности некоторых направлений при создании АСНИ и систем управления качеством в двигателестроении. / 3-я междунар. научно-техн. конф. Контроль и управление в технических системах. Тез. докл., Часть 1. – Винница: 1995. – С. 142–143.
3. Смолин Ю.А. Контрольно-информационная система компьютерной диагностики ДВС. / Ю.А. Смолин // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: 2003, №7. – С.34-38.
4. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания / В.Г. Дьяченко – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
5. Грушка Э. Количественный анализ хроматографическими методами /Э. Грушка, Пер с англ. – М.: Мир, 1990. – 319 с.
6. Экспериментальные методы адсорбции и молекулярной хроматографии. / под ред. Ю.С. Никитина, Р.С. Петровой. 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 315с.

References (transliterated)

1. Tehnicheskie sredstva diagnostirovaniya: Spravochnik. / pod red. V.V. Klyueva – Moscow: Mashinostroenie, 1989. – 672 p.
2. Smolin Yu.A. Ob obshnosti nekotoryh napravlenij pri sozdanii ASNI i sistem upravleniya kachestvom v dvigatelestroenii. / 3-ya mezhdunar. nauchno-tehn. konf. Kontrol i upravlenie v tehniceskikh sistemah. Tez. dokl., Chast 1. – Vinnica: 1995. P. 142–143.
3. Smolin Yu.A. Kontrolno-informacionnaya sistema kompyuternoj diagnostiki DVS. / Yu.A. Smolin // Visnik shidnoukrayinskogo nacionalnogo universitetu im. V. Dallya. – Lugansk: 2003, No7. – P. 34–38.
4. Dyachenko V.G. Teoriya dvigatelej vnutrennego sgoraniya / V.G Dyachenko – Kharkov: HNADU, 2009. – 500 p.
5. Grushka E. Kolichestvennyj analiz hromatograficheskimi metodami /E. Grushka, Per s ang. – Moscow : Mir, 1990. – 319 p.
6. Eksperimentalnye metody adsorbicii i molekulyarnoj hromatografii. / pod red. Yu.S. Nikitina, R.S. Petrovoj. 2-e izd. – Moscow: Izd-vo MGU, 1990. – 315 p.

Надійшла (received) 21.10.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Смолін Юрій Олександрович (Смолин Юрій Александрович, Smolin Yuriy Aleksandrovich) – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Комп'ютерні та радіоелектронні системи контролю та діагностики», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна