

## ДОСЛІДЖЕННЯ БУДОВИ ПОВІТРЯНОГО КОНТУР СУЧАСНОГО ДИЗЕЛЯ

Куц М., Шабельник І. ЗВО, Сорокін С.П. доцент, кандидат технічних наук

*Державний біотехнологічний університет*

*Наведені результати аналізу особливостей конструкції повітряного контуру дизеля, що відповідає ЄВРО6. Розглянуті основні несправності функціональних елементів контуру та методи їхнього контролю.*

Система управління дизельного двигуна складається з 3-х контурів і певного набору підсистем. Контурами системи є:

- паливний контур;
- повітряний контур;
- електричний контур.

Основні компоненти повітряного контуру сучасного дизельного двигуна наведені на рис 1. Схема, що наведена на рис.1 реалізується на дизелях, які відповідають ЄВРО 6 , Двигуни більш низьких екологічних класів мають дещо спрощені повітряні контури.

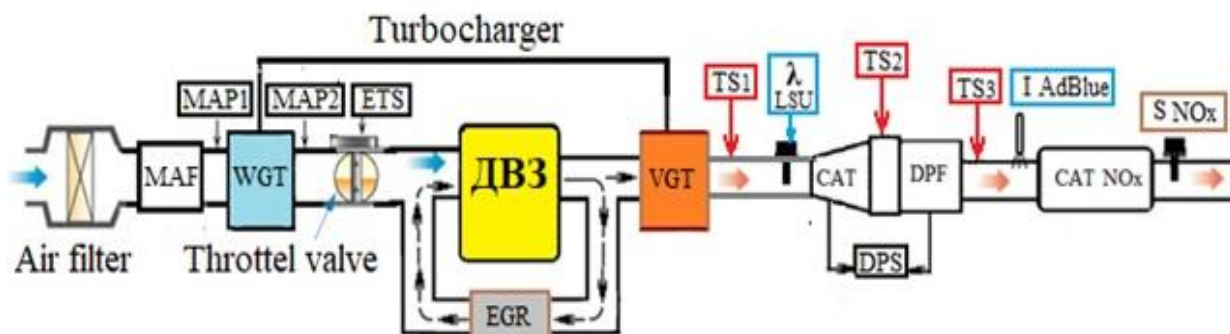


Рис. 1. Повітряний контур дизельного двигуна внутрішнього згоряння:

Air filter – повітряний фільтр; MAF – датчик масової витрати повітря; MAP1 – Датчик тиску перед турбіною; MAP2 – датчик тиску після турбіни; ETS – електронний датчик контролю положення дросельної заслінки; Turbocharger (VGT+WGT) - турбокомпресор; EGR – система рециркуляції відпрацьованих газів; CAT – каталізатор; DPF сажевий фільтр; CAT NOx – каталізатор окислів азоту; TS1, TS2, TS3 – датчики температури; λ(LSU)I- широкосмуговий λ-зонд; I AdBlue – інжектор розчину сечовини; S NOx датчик окислів азоту; DPS – диференційний датчик тиску

Алгоритм роботи повітряного контуру такий.

Свіже повітря через повітряний фільтр «Air filter» надходить у двигун і виходить з нього у вигляді відпрацьованих газів (ВГ). Відпрацювавши, гази обертають турбіну VGT, що забезпечує збільшення подачі повітря - наддув циліндрів двигуна. На певних режимах роботи двигуна паралельно працює система рециркуляції відпрацьованих газів EGR, яка необхідна для дотримання екологічних вимог. Частина ВГ через систему EGR повертається на впуск та

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024 доміщується до свіжого повітря що дозволяє зменшити пікові температури у камері згоряння і зменшити викиди NOx Система EGR передбачена законом, але для роботи двигуна вона не потрібна.

Турбокомпресор (Turbocharger VGT+WGT), складний компонент повітряного контуру. Не існує діагностичних пристроїв для його перевірки, тому стан турбіни опосередковано визначають на дизелі. Перевірка включає:

1. Перевірку осьових та радіальних люфтів підшипників вала;
2. Візуальний огляд лопаток турбіни і компресора;

Крім того потрібні засоби вимірювання тиску наддуву (MAP1, MAP2), для того щоб співставляти його з параметрами, закладеними у алгоритм керування системи управління турбокомпресором.

Наступні компоненти це каталізатор CAT і сажовий фільтр DPF, які встановлюються для забезпечення екологічних вимог. До процесів роботи двигуна вони відношення не мають.

Каталізатор призначений забезпечувати пропалювання сажового фільтра при пізніх упорскуваннях палива у циліндри ДВЗ на такті випуску.

Частка палива, що не згоріла при пізньому упорскуванні надходить у каталізатор CAT окислюється в ньому і підвищує температуру відпрацьованих газів до 500-600°C. При такій температурі починається пропалювання (регенерація) сажового фільтра - сажа перетворюється на золу і викидається з фільтра в атмосферу. Для контролю стану сажового фільтра застосовується диференційний датчик тиску DPS за показами якого блок управління приймає рішення про регенерацію сажового фільтра. Значення перепаду тиску на справному сажовому фільтрі наведені у табл.1.

Таблиця 1 – Перепад тиску на справному сажовому фільтрі

Режим роботи дизеля	Перепад тиску на фільтрі
n=800-900 об/хв	$\Delta P \approx 10$ мбар
n=2000 об/хв	$\Delta P \approx 30-35$ мбар
n=4000 об/хв	$\Delta P \approx 70$ мбар

Між каталізатором CAT і сажовим фільтром DPF знаходиться датчик температури відпрацьованих газів TS2, який фіксує початок процесу регенерації (випускні гази розігрілися до температури 500-600°C).

На виході повітряного контуру встановлений каталізатор CAT NOx, робота якого контролюється датчиком вмісту у АГ оксидів азоту SNOx. Для підвищення ефективності роботи каталізатора CAT NOx перед ним у випускную систему через форсунку I AdBlue подається 35% розчин сечовини ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO). При подачі сечовини (подається з окремого бачка, витрата 3-4% від витрати палива), сечовина випаровується, вступає в реакцію з відпрацьованими газами, завдяки чому у каталізаторі CAT NOx відбувається перетворення NOx у чистий азот та воду.

Повітряний контур сучасного дизеля (ЄВРО6) досить складний, тому на кожному етапі необхідно контролювати стан його функціональних елементів. Стан очищувача повітря контролюється за датчиком тиску MAP1. Крім наведеного вище справність турбіни контролюється датчиком тиску перед

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024 дросельною заслінкою MAP2. Датчик температури після турбіни TS1 дозволяє захистити турбіну від перегріву, а за різницею температур перед сажовим фільтром (датчик температури TS2) і на виході з турбіни (датчик температури TS1, на виході з турбіни температура близько 200°C) блок управління контролює процес регенерації сажового фільтра

Працездатність EGR контролюється опором зворотного зв'язку, вбудованого в привід клапана EGR.

Перед форсункою упорскування сечовини I AdBlue встановлено датчик температури TS3, призначення якого показати ЕБУ що температура відпрацьованих газів вище 200°C інакше хімічні процеси перетворення сечовини не будуть запущені. На підставі показів датчика TS3 ЕБУ дає команду на упорскування сечовини.

Основні дефекти повітряного контуру такі.

1. Негерметичність впускного тракту. (Гази витікають із впускного тракту, падає потужність дизеля, утворюється чорний дим).

2. Заклинювання або некоректна робота клапана EGR (призводить до погіршення наповнення циліндрів свіжим повітрям що обумовлюється порушенням процесу горіння);

3. Погіршення динамічних властивостей (збільшення витрати палива, погіршення екологічних показників, зниження тиску наддуву, втрата потужності дизеля).

На відміну від бензинових двигунів у дизельних двигунах внутрішнього згорання регулювання навантаження здійснюється за рахунок зміни кількості палива, що подається.

На підставі сигналу датчика положення педалі акселератора блок управління змінює масу палива, що подається, шляхом зміни тривалості упорскування форсунок. Для визначення кількості палива, яке необхідно подавати блоку управління необхідно знати кількість повітря, що надійшло у циліндри. Саме для цього в системах CR використовується датчик масової витрати повітря MAF, який у дизельному двигуні виконує декілька функцій:

1-а функція датчика масової витрати повітря – визначення ЕБУ максимальної циклової подачі палива, яке на даному режимі може повністю згоріти.

2-а функція MAF полягає у тому, що якщо з маси повітря, що надійшло в циліндр відняти масу повітря, що використовується при згорянні палива (стехіометричне співвідношення 14,7:1), то отримаємо масу вільного повітря, не задіяного у процесі горіння. Це дорівнює максимальній кількості відпрацьованих газів, яку можна повернути на впуск (через систему EGR). Крім цього MAF дозволяє виконувати функцію контролю працездатності EGR.

За допомогою MAF ЕБУ контролює роботу системи EGR за кількістю свіжого повітря, що надходить у циліндри двигуна. В результаті змішування повітря, що надійшло з відпрацьованими газами і частини повітря, яке згорить разом з паливом у результаті у відпрацьованих газах залишається чисте повітря, яке контролюється широкосмуговим лямбда зондом  $\lambda$ (LSu) встановленим на виході з двигуна перед каталізатором. Цей діагностичний трикутник (рис.2)

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024 дозволяє визначити несправність компонентів системи.

EGR може мати власний опір зворотного зв'язку, що посилює діагностичні можливості системи. За показами MAF проводиться перевірка справності вузла приводу дросельної заслінки ETS. Блок управління має можливість обмежити впуск повітря без порушення процесу горіння. Прикриваючи дросельну заслінку ЕБУ аналізує сигнали витратоміра повітря і оцінює її справність.

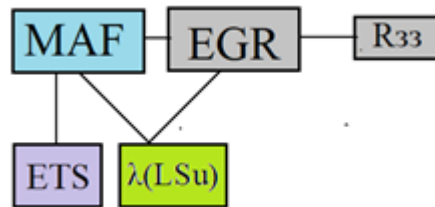


Рис. 2 – Діагностичний трикутник

Основний сенс установки дросельної заслінки на дизель - це дотримання екологічних норм: дросельна заслінка прикривається при роботі клапана EGR. При цьому у впускному колекторі створюється розрідження і, як наслідок, ефективніша рециркуляція газів. Зменшення потоку вхідного повітря дроселем та заміна цього повітря на відпрацьовані гази із системи випуску збільшує ефективність системи рециркуляції. Таким чином, дросельна заслінка на сучасному дизельному двигуні не тільки допомагає зупинити його (оберігає від «розносу»), а й дозволяє правильно функціонувати екологічним системам дизеля.

#### **Висновки:**

Із наведених матеріалів видно, що повітряний контур сучасного дизеля є складним по бідові і алгоритму «правильного» функціонування. Відповідність дизеля вимогам екологічних стандартів у значній мірі обумовлена коректною і узгодженою роботою функціональних елементів контуру (контролюється і забезпечується ЕБУ).

#### **Список використаних джерел**

1. Системи наповнення циліндрів дизеля воздухом. –URL: <https://press.ocenin.ru/sistemy-napolneniya-czilindrov-dizelya-vozduhom/>
2. Практикум з технічної діагностики: навч. посібник /О.В. Козаченко, С.П. Сорокін, О.М. Шкрегаль та ін.; — Х.: Факт, 2013.; 436с.