

УДК 62.144.3; 62.26

## ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ І ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Болтянський О.В., к.т.н.,

Болтянська Н.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-04-42, 42-05-70

**Анотація** – розглянуто вдосконалення газорозподільного механізму (ГРМ) двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) шляхом застосування індивідуальних приводів клапанів.

**Ключові слова** – автомобіль, двигун, клапан, електромагнітний привод.

*Постановка проблеми.* В Україні в останні роки спостерігається стрімке зростання кількості автомобілів. Саме відпрацьовані гази автомобілів спричиняють від 80 % до 90 % забруднення атмосфери в містах [1].

*Аналіз останніх досліджень.* Сьогодні в Україні діють два стандарти якості нафтопродуктів: ДСТУ 4063-2001 (аналог Євро-2) і ДСТУ 4839-2007 (відповідає Євро-4, -5). У 2007 р. був прийнятий графік переходу на нові стандарти якості з паралельною відмовою від ДСТУ 4063-2001 з 1 січня 2011 року. Раніше експерти виступали за продовження до 1 січня 2012 р. дії стандартів виробництва бензинів і дизпалива, що відповідають Євро-2 і Євро-3, для заводів, які не встигли завершити модернізацію у Харківській, Львівській та Івано-Франківській областях. У той же час про готовність з початку 2011 року освоїти випуск нафтопродуктів, що відповідають вимогам Євро-4 і Євро-5, вже заявили Одеський, Кременчуцький і Лисичанський НПЗ [2].

Зростаючі вимоги до зменшення токсичності викидів, економії палива, підвищення енергетичних показників двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) автомобілів вимагають удосконалення механізму газорозподілу. Роботи в цьому напрямку ведуться безупинно.

На рис. 1 показані граничні величини норм токсичності для ДВЗ (за системою Євро 1 – Євро 4), що поступово вводяться в Україні.

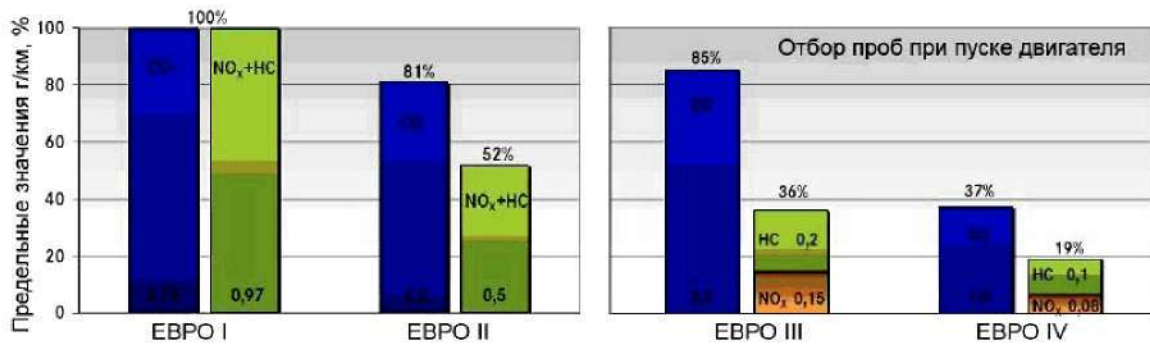


Рис. 1. Граничні величини норм токсичності ДВЗ

Припустимі граничні величини відносяться до пройденого шляху проходження для стандартного рухового циклу. Підвищені значення від викидів CO при вступі в дію норм Євро - 3 ґрунтуються на модифікованому тестовому циклі, при якому відбір проб вихлопних газів відбувається вже з пуску двигуна [3].

Поява нових магнітотвердих матеріалів, нової елементної бази мікроелектроніки і силової електроніки зумовлює можливість створення мехатронних пристроїв керування процесом газорозподілу, що забезпечують високі енергетичні показники ДВЗ і низьку концентрацію токсичних речовин при згорянні палива.

Робочі характеристики газорозподільних клапанів описуються максимальним ходом клапана, а також фазами газорозподілу при відкритті й закритті. У звичайному двигуні ці характеристики при впуску й випуску залишаються постійними [4].

Однак умови стану в усмоктувальній трубі й колекторі змінюються залежно від числа обертів і навантаження ДВЗ, що визначають час заповнення й закриття впускного каналу: так для моменту часу відкриття каналу має значення максимальне наповнення при високому числі обертів, а залишковий вміст газів у циліндрі має місце при низькому числі обертів [5].

*Мета даної роботи* – розглянути можливість вдосконалення ГРМ ДВЗ шляхом застосування індивідуальних приводів клапанів.

*Розгляд останніх досліджень.* Частково завдання керування фазами газорозподілу може бути вирішене шляхом застосування складної механіки керування розсувним розподільним валом або різнопрофільними кулачками [3], однак такі газорозподільні механізми (ГРМ) не знаходять широкого застосування через високу конструктивну складність і недостатньо високу експлуатаційну надійність.

Таким чином, поршневий двигун з механічним приводом клапанів має ряд істотних недоліків:

1) під кожну нову конструкцію двигуна необхідно експериментально підбирати співвідношення фаз газорозподілу й створити розподільний вал з таким профілем і взаємним розташуванням кулачків, які найбільш оптимально відповідали б не тільки конструкції, але й призначенню двигуна [3];

2) для двигунів з розподільним валом складність виконання перерахованих вимог полягає в їхній суперечливості - можна створити екологічний двигун, але при цьому зросте витрата палива, впаде питома потужність і різко збільшиться продажна вартість автомобіля.

Всі ці недоліки можуть бути усунуті на основі використання індивідуальних приводів клапанів ГРМ із електронним керуванням.

Роботи зі створення поршневого ДВЗ без розподільного вала ведуться багатьма фахівцями у світі. З усуненням постійного кінематичного зв'язку між клапанами ГРМ і колінчастим валом двигуна з'являється можливість автоматичного регулювання фаз газорозподілу. Безпосереднє керування клапанами за допомогою електромагнітних приводів дозволяє одержати індивідуальне керування кожним клапаном ГРМ, незалежно від кута повороту колінчастого вала. Рух клапана є функцією від часу й не залежить від частоти обертання. Характеристики ходу є повністю релевантними стосовно колінчастого вала.

Електромагнітний привод (ЕМП) клапанів ГРМ - це система без розподільних валів, у якій приведення клапанів у дію відбувається за допомогою електромагнітів. Газорозподільні клапани двигуна переміщуються в кінцеві положення пружинами й утримуються в них (клапан відкритий/закритий) за допомогою відмикаючих/замикаючих котушок. За допомогою цілеспрямованого керування електромагнітами можна впливати на фази газорозподілу клапана. Такий підхід забезпечує одержання характеристики ходу з постійним часом перемикавання, що у свою чергу залежить від твердості пружини й величин наведених мас.

Якір електромагніта пов'язаний із клапаном у кожному кінцевому положенні. Мінімальна тривалість відкриття визначається частотою коливань механічної системи. Отже, електромагнітні системи приводів клапанів при максимальному ході використовуються тільки для керування тривалістю їхнього відкриття.

Дослідження розробок в області створення ЕМП газорозподільних клапанів показали, що дотепер не розроблена теорія оптимального проектування таких приводів, немає інженерних методик розрахунку для електромагнітів клапанів, і як наслідок, дотепер немає конструкцій ГРМ із електромагнітними клапанами, прийнятних для широкого використання у ДВЗ із клапанним газорозподілом.

В 2004 р. роботи зі створення газорозподільних механізмів з електромагнітними приводами клапанів були початі у ВАТ НТЦ «АВТОВАЗ». Були виконані дослідження з розробки індивідуального електромагнітного приводу клапану ГРМ ДВЗ. Проведені дослідження показали, що задані вимоги можуть бути забезпечені швидкодіючим електромагнітом двосторонньої дії з нейтральною або поляризованою магнітною системою, у якій заданий час спрацьовування досягається за рахунок прискорювальної пружини, а електромагнітні сили використовуються в основному для утримання якоря в крайніх положеннях. Такі приводи відносяться до ЕМ зворотно-поступальної й зворотно-обертальної дії. Для забезпечення заданої динаміки перемикання механічна система такого ЕМ будується за принципом резонансної (маятникової). В ЕМ такого типу якорь переміщується під дією робочої (прискорювальної) пружини й електромагнітної сили, створюваною обмоткою керування й/або постійним магнітом. Хід робочої пружини становить половину від повного ходу якоря.

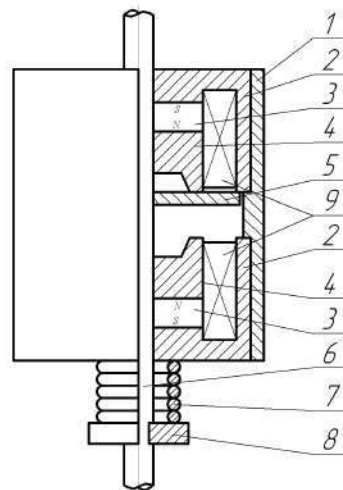


Рис. 2. Конструкція електромагнітного приводу ГРМ [4]

Обрана конструкція ЕМП (рис. 2) містить два ЕМ, установлених у загальному циліндричному корпусі 1. Кожний ЕМ має броньову магнітну систему, що утворена зовнішнім чашоподібним магнітопроводом 2, концентратором магнітного поля в робочому повітряному зазорі 4 і утримуючим постійним магнітом 3. Загальний для обох ЕМ якорь 5 жорстко закріплений на штоку 6, що діє на клапан ГРМ. На нижньому кінці штока 6 за допомогою запірної кільця 8 установлена пружина 7, що по своїх характеристиках ідентична клапанній пружині й створює зусилля протилежне останньої. Під дією цих пружин в основному здійснюється рух якоря й усього клапанного механізму в межах його ходу. Електромагніти утримують клапан у

крайніх положеннях і забезпечують необхідний закон його переміщення.

Керування кожним ЕМ здійснюється за допомогою обмотки керування 9, імпульсами напруги від силового електронного комутатора системи керування двигуном.

На підставі розробленої методики розрахунку електромагніта були отримані геометричні розміри й обмотувальні дані електромагніта. З огляду на складну конфігурацію магнітної системи пристрою, застосування методів теорії ланцюгів не дозволяє одержати прийнятну точність, тому для розрахунку статичних характеристик електромагніта були використані методи теорії поля. З урахуванням конфігурації магнітної системи в розглянутій конструкції розрахунок магнітного поля зводився до рішення завдання в вісесиметричній постановці. Розрахунок виконувався методом кінцевих елементів з використанням програмного комплексу FEMM.

З використанням методики, наведеної в [5] отримані динамічні характеристики (рис. 3) і необхідний закон керування ЕМП (рис. 4).

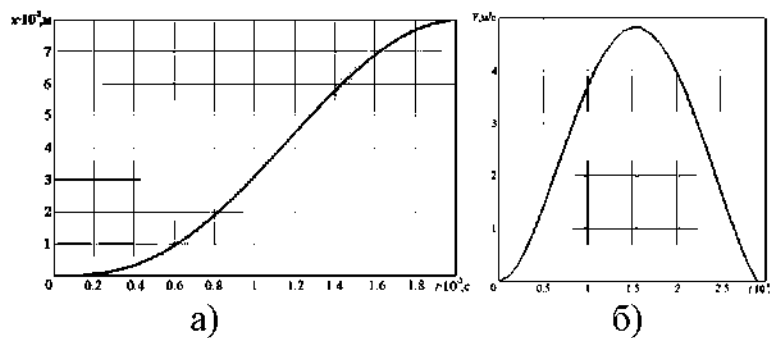


Рис. 3. Динамічні характеристики ЕМП:  
а) залежність переміщення якоря від часу;  
б) залежність швидкості якоря від часу

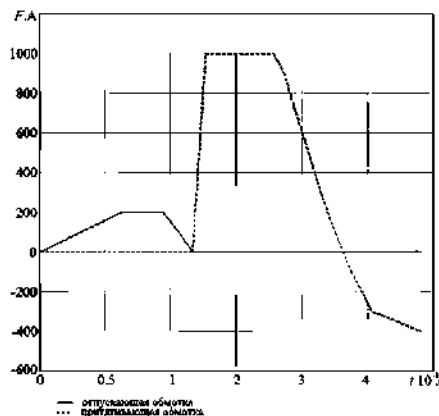


Рис. 4. Закон зміни МДС обмоток від часу

Розроблено методику для визначення початкових параметрів керування при використанні системи керування ЕМП із мінімальною

кількістю датчиків стану привода. За допомогою даної методики визначаються тривалості кожної фази й величини струмів на їхньому протязі. Це дозволяє синтезувати параметри фотополяриметра сигналу керування, що повинен забезпечувати задану динаміку спрацьовування ЕМП. Система керування електромагнітним клапаном повинна забезпечувати задану швидкість підходу якоря до крайніх положень і його утримання. Для "м'якої" посадки якоря на магнітопровід і клапана на сідло ця швидкість повинна бути близькою до нуля.

*Висновки.* Система з індивідуальним електромагнітним приводом клапана ГРМ забезпечить:

- більш низький рівень викиду шкідливих речовин;
- зниження витрати палива, аж до відключення окремих циліндрів (на холостому ході досягає 18%, а в найбільш ходовому діапазоні обертів, при часткових навантаженнях - 10%);
- зниження витрати енергії на тертя;
- поліпшення потужностних характеристик двигуна шляхом розширення діапазону підвищеної потужності й крутного моменту по частоті обертання;
- можливість одержання багатопаливного двигуна;
- зниження шуму, вібрацій і твердості роботи двигуна.

У цей час дослідження ЕМП ГРМ спрямовані на розробку нових конструкцій, удосконалення системи керування й алгоритмів керування з метою зниження енергоспоживання і масогабаритних показників, з метою одержання повністю керованого мехатронного пристрою.

#### Література

1. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт / Ю.Ф. Гутаревич [и др.] // Навчальний посібник. — К.: Арістей, 2006. — 292 с.
2. Мінфін України. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://minfin.com.ua/2011/01/05/304220/>.
3. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процесов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян [и др.]; [Под ред. В.Н. Луканина] . — Т. 1. — М.: Высшая школа, 1995. — 369 с.
4. Пат. 2284600 РФ. Способ управления быстродействующим электромагнитом / А.В. Павленко, В.П. Гринченков, Н.П. Беляев, А.А. Постников, А.А. Гуммель. — 10.11.2004; Опубл. 27.09.2006; Бюл. № 27. — 4 с.
5. Павленко А.В. Проектирование быстродействующих электромагнитов с заданными динамическими параметрами /

*А. В. Павленко [и др.] // Изв. вузов. Электромеханика. – 2002. – № 4. – С.76–80.*

6. *Павленко А.В. Анализ и синтез быстродействующих электромагнитных приводов мехатронных систем / А.В. Павленко [и др.] // Техн. науки. – 2003. – С. 28-30.*

## **УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

Болтянский О.В., Болтянская Н.И.

***Аннотация*** – рассмотрено усовершенствование газоразделительного механизма (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) путем использования индивидуальных приводов клапанов.

## **IMPROVING THE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC INDICATORS OF AUTOMOBILE ENGINES THROUGH IMPROVED TIMING**

O. Boltyanskiy, N. Boltyanskaya

### ***Summary***

**Improvement of the mechanism of timing of internal combustion engines by implementation of individual valve actuators is considered.**