

ВПЛИВ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ НА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З СИСТЕМОЮ ВПОРСКУВАННЯ ТА ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ МЕТОДІ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ

Карев С.В., Манько І.В., Славін В.В.

Одним з недоліків бензинових двигунів є низька паливна економічність, зокрема в режимах малих навантажень і холостого ходу, які є основними в умовах експлуатації транспортних засобів. Одним з методів регулювання потужності, що дозволяє покращити паливну економічність на цих режимах, є відключення групи циліндрів. Для регулювання потужності при цьому використовують дроселювання працюючих циліндрів, тому і метод доцільно називати комбінованим. Недоліком при використанні комбінованого методу є значне зростання викидів оксидів азоту NO_x . Одним з найбільш ефективних шляхів зниження концентрації оксидів азоту NO_x є застосування рециркуляції відпрацьованих газів. За результатами проведених досліджень встановлено, що застосування рециркуляції відпрацьованих газів в кількості 8% дозволяє зменшити оксиди азоту NO_x на 86%. Паливна економічність при цьому децю погіршується.

One of the drawbacks of gasoline engines is the low fuel economy, particularly in the modes of small loads and idling, which are fundamental in operating vehicles. One method of power control, thereby improving fuel efficiency for these modes are disabled group of cylinders. For power control using throttling working cylinder, so the method should be called combined. The disadvantage of using the combined method is a increase emissions of nitrogen oxides. One of the most effective ways to reduce concentrations of nitrogen oxides is the use of EGR. The analysis found that the use of EGR in the amount of 8% to reduce nitrogen oxides by 86%. Fuel efficiency while slightly worse.

Постановка задачі:

Відомо, що одним з недоліків бензинових двигунів є низька паливна економічність, зокрема в режимах малих навантажень і холостого ходу, які є основними в умовах експлуатації транспортних засобів [1-2]. Однією з причин погіршення паливної економічності є прийнятий в цих двигунах метод регулювання потужності — дроселювання паливоповітряної суміші. В останній час практичне застосування знаходять методи регулювання потужності — відключення групи циліндрів в режимах малих навантажень та холостого ходу, що забезпечує покращення робочого процесу в циліндрах, які працюють. Для регулювання потужності при цьому використовують дроселювання працюючих циліндрів, тому і метод доцільно називати комбінованим.

В національному транспортному університеті проводяться дослідження показників двигуна з системою впорскування та зворотнім зв'язком при регулюванні потужності відключення групи циліндрів шляхом припинення подачі бензину в цю групу. Без зміни системи газообміну.

Об'єктом експериментальних досліджень є шестициліндровий двигун 6Ч 9,5/6,98 з системою групового впорскування, в якому при малих навантаженнях відключаються паливоподача в одну з груп циліндрів, тобто припиняється подача палива на три форсунки в цих циліндрах. При цьому забезпечується рівномірна робота працюючих циліндрів. Проведені дослідження [3] показали, що при використанні комбінованого методу значно зростають викиди оксидів азоту NO_x , так як в працюючих циліндрах температура в циклі значно вища в порівнянні з дроселюванням всіх циліндрів.

Метою проведених досліджень є зниження викидів оксидів азоту при застосуванні комбінованого методу регулювання потужності бензинового двигуна.

Виклад основного матеріалу.

Відомі декілька шляхів зниження концентрації оксидів азоту в відпрацьованих газах бензинових двигунів. Одним з найбільш ефективних є застосування рециркуляції відпрацьованих газів. Суть рециркуляції полягає в перепуску частини відпрацьованих газів у впускну систему двигуна. Проведені дослід-

ження [4,5] показали, що з допомогою рециркуляції можливо значно знизити концентрації NO_x . Результати відносно зміни паливної економічності отримані різні.

При дослідженні комбінованого методу регулювання потужності і впливу рециркуляції відпрацьованих газів за роботи на частині циліндрів в дослідженнях [5] показано, що при коефіцієнті рециркуляції 5% викиди NO_x , знижуються на 46% при практично не змінній питомій витраті бензину. Але ці дослідження проводились на карбюраторному двигуні, в якому в процесі досліджень склад паливоповітряної суміші і екологічні показники якого значно відрізняються від показників сучасних двигунів з системою впорскування бензину і зворотнім зв'язком, в яких склад паливоповітряної суміші підтримується близьким до стехіометричного в усьому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів.

Одним з питань, яке необхідно вирішити на початковому етапі досліджень є визначення коефіцієнта рециркуляції відпрацьованих газів, який згідно [6] є відношенням маси рециркульованих відпрацьованих газів до маси всіх відпрацьованих газів.

Коефіцієнт рециркуляції можна визначити розрахунковим шляхом. Розроблена в даних дослідженнях методика розрахунку полягає в наступному: в даному режимі роботи двигуна при відключенні групи циліндрів експериментально визначається годинна витрата повітря за роботи без рециркуляції і при рециркуляції в $кг/год$, розраховується об'ємна витрата повітря на впуску в працюючі циліндри, виходячи з експериментально заміряних тиску і температурі, різниця в об'ємних витратах, так як коефіцієнт наповнення можна прийняти незмінним, буде являти об'ємну витрату відпрацьованих газів, що рециркулюють при тиску і температурі на впуску в циліндр. Експериментально заміривши ці величини розраховують масу рециркульованих відпрацьованих газів. Маса всіх відпрацьованих газів визначається по витраті повітря і палива, або виходячи з заміряних параметрів відпрацьованих газів, що надходять в працюючі циліндри.

Отримана залежність для розрахунку маси рециркульованих газів, $кг/год$:

$$G_{\text{г}} = \frac{P_{\text{г}}}{R_{\text{г}} \cdot T_{\text{г}}} \cdot \left[G_{\text{пов}} \cdot \frac{R_{\text{пов}} \cdot T_{\text{г}}}{P_{\text{г}}} - G_{\text{пал}} \cdot \frac{R_{\text{пал}} \cdot T_{\text{г}}}{P_{\text{г}}} \right], \quad (1)$$

де $P_{\text{г}}, T_{\text{г}}, P_{\text{пов}}, T_{\text{пов}}$ — тиск і температура повітря і суміші повітря з рециркуляцією відпрацьованих газів на впуску в циліндр [Па, К];

$R_{\text{г}}, R_{\text{пов}}$ — газові сталі відпрацьованих газів і повітря [Дж/(кг·К)];

$G_{\text{пов}}, G_{\text{пал}}$ — годинні витрати повітря без рециркуляції і з рециркуляцією [кг/год];

Коефіцієнт рециркуляції визначається за залежністю, %:

$$R_{\text{г}} = \frac{G_{\text{г}}}{G_{\text{г}}}, \quad (2)$$

де $G_{\text{г}}$ — маса відпрацьованих газів, $кг/год$.

Вплив коефіцієнта на показники двигуна визначався при сталій частоті обертання колінчастого вала та при постійному відкритті дросельної заслінки. Залежності показників двигуна від коефіцієнта рециркуляції показані на рис. 1, з якого видно, що при збільшенні коефіцієнта рециркуляції годинна витрата повітря $G_{\text{пов}}$ зменшується, за рахунок заміщення частини об'єму повітря рециркульованими відпрацьованими газами. В результаті цього система управління двигуна, для підтримки коефіцієнта надміру повітря б близько 1.0, зменшує годинну витрату палива $G_{\text{п}}$ і, як наслідок зменшується ефективна потужність двигуна. Таким чином, при збільшенні коефіцієнта рециркуляції до 8% годинна витрата палива зменшується на 13%, а ефективна потужність двигуна $N_{\text{е}}$ на 26%.

При застосуванні рециркуляції ВГ на бензиновому двигуні з системою впорскування та зворотнім зв'язком паливна економічність погіршується, при збільшенні коефіцієнта рециркуляції до 8% питома ефективна витрата палива збільшується на 15%.

На рис. 2 зображено Вплив коефіцієнта рециркуляції на концентрації і масові викиди шкідливих речовин двигуна 6Ч9,5/6,98, з якого видно, що при збільшенні ступеня рециркуляції до 8% оксиди азоту NO_x зменшуються на 86%. Це пояснюється тим що, відпрацьовані гази, потрапивши в циліндри двигуна,

діють як активні центри на початку реакції згорання, але разом з тим збільшують кількість баластних компонентів, сповільнюючи протікання реакції окислення і знижуючи її температуру, що, згідно термохімічної реакції утворення оксидів азоту Зельдовича Я.Б.[7], уповільнює реакцію утворення оксидів азоту NO_x .

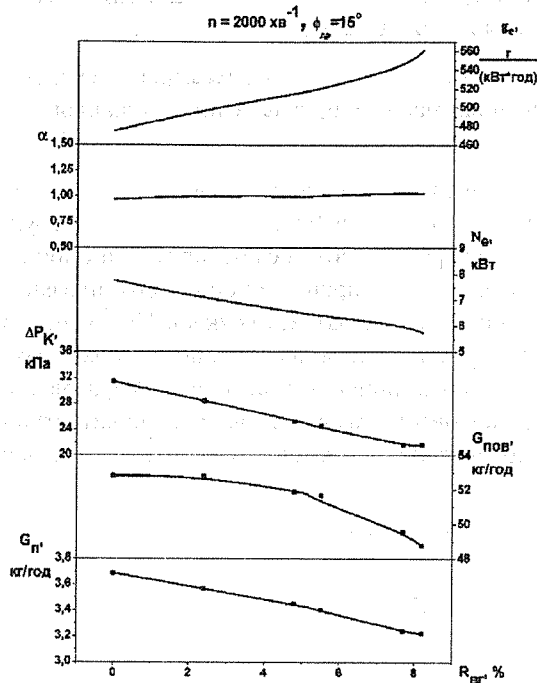


Рис. 1. Вплив коефіцієнта рециркуляції на показники двигуна 6С49,5/6,98

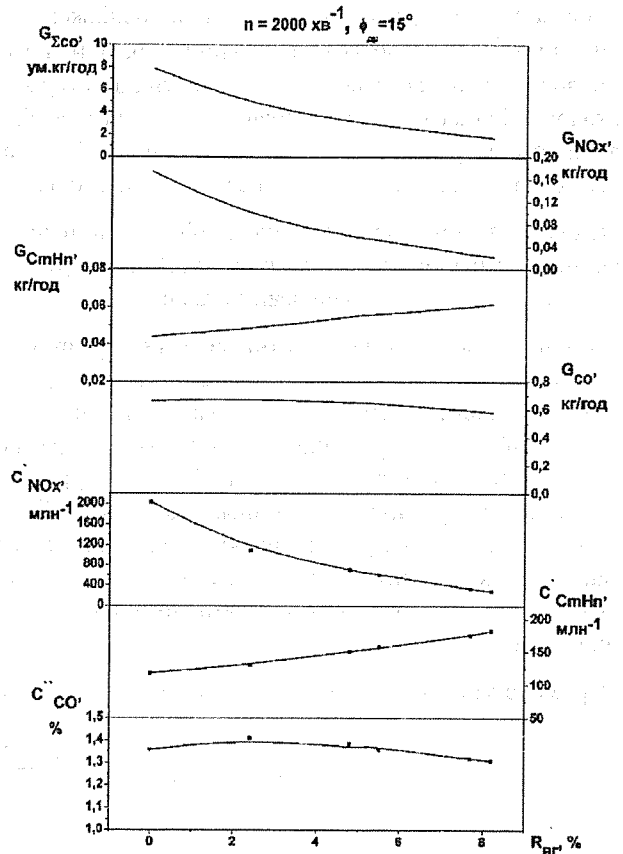


Рис. 2. Вплив коефіцієнта рециркуляції на концентрації і масові викиди шкідливих речовин двигуна 6С49,5/6,98

Концентрації оксидів вуглецю CO залишаються майже незмінними, за рахунок підтримки системою управління двигуна складу паливоповітряної суміші близько стехіометричного.

Незначне зростання вуглеводних сполук у складі відпрацьованих газів можна пояснити зменшенням температури циклу.

Проведено розрахунок масових викидів шкідливих речовин, за результатом якого, характер їх зміни повторює закономірність змін концентрацій шкідливих речовин.

Таким чином, застосування рециркуляції відпрацьованих газів при комбінованому методі регулювання потужності бензинового двигуна з системою впорскування та зворотнім зв'язком дозволяє зменшити сумарні масові викиди шкідливих речовин, зведених до CO , при збільшенні коефіцієнта рециркуляції до 8%, на 36%, при цьому паливна економічність погіршується лише на 15%.

Згідно отриманих експериментальних даних можна стверджувати, що рециркуляція відпрацьованих газів є одним з ефективних шляхів зменшення викидів оксидів азоту NO_x .

Література

1. Платонов В.Ф. О режимах движения автомобилей в различных дорожных условиях / Платонов В.Ф., Устищенко В.В., Назаров С.К. // Автомобильная промышленность. — 1977. — №11. — С. 19-23
2. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов: Дис... д-ра техн. наук: 05.22.10., 05.04.02. // Ю.Ф.Гутаревич — К., 1985. — 538 с.
3. Дядченко В.Л. Підвищення паливної економічності багатociлндрових двигунів з впорскуванням бензину в режимах малих навантажень і холостого ходу: Дис... канд. техн. наук: 05.05.03. // В.Л.Дядченко. — К., 2010 — 172с.
4. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. // М., 1973. — 200 с.

5. Ковбасенко С.В. Покращення показників багаточиліндрових бензинових двигунів з відключенням групи чиліндрів: Дис... канд. техн. наук: 05.05.03. // С.В.Ковбасенко — К., 2000. — 289 с.

6. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ / за ред. проф. А.П.Марченка та засл. діяча науки України проф. А.Ф.Шеховцова. — Харків: Прапор, 2004. — 360с.

7. Зельдович Я.Б. Окисление азота при горении / Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. // М.: Изд-во АН СССР, 1946. — 145 с.

УДК 629.113

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ПРОЦЕСІ ГАЛЬМУВАННІ ОДИНОЧНОГО ДОРОЖНЬОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ (ДВИГУН ВІД'ЄДНАНИЙ ВІД ТРАНСМІСІЇ)

Кравчук П.М.,

кандидат технічних наук Грищук О.К.

Розглянуто методику визначення ефективності робочої гальмівної системи при процесі гальмуванні одиночного дорожнього транспортного засобу (двигун від'єднаний від трансмісії). Здійснено розрахунок ефективності робочої гальмівної системи при процесі гальмуванні одиночного дорожнього транспортного засобу (двигун від'єднаний від трансмісії) за допомогою математичної моделі.

The methods for determination of efficiency of the service brake system at the process of braking of a single road vehicle (when engine is disconnected from transmission) has been described in the article. The calculation of efficiency of the service brake system at the process of braking of a single road vehicle (when engine is disconnected from transmission) has been performed using mathematical models.

Процес гальмування одиночного дорожнього транспортного засобу (ДТЗ) (двигун від'єднаний від трансмісії) здійснюється при повному гальмуванні. В цьому випадку відключають двигун, вимикаючи зчеплення або передачу в коробці передач (нейтральне положення) і плавно натискають на гальмівну педаль.

При випробуваннях на ефективність робочої гальмівної системи (РГС) початкова швидкість гальмування, зусилля на гальмівну педалі та час натискання на гальмівну педаль лімітуються для кожної категорії ДТЗ відповідними стандартами [2, 3].

Вихідними даними розрахунку параметрів гальмівного процесу можуть бути залежності гальмівних моментів мостів ДТЗ від часу $M_{\text{зали}} = f(t)$. Їх можна отримати експериментально на гальмівному стенді у вигляді залежностей гальмівних сил мостів від часу, або можуть бути побудовані розрахунковим шляхом по залежностях тиску у виконавчих органах гальмівного приводу від часу $p_i = f(t)$, знімаючи експериментально виміром тиску в гальмівних апаратах мостів нерухомого автомобіля при стандартному (по зусиллю і часу) натисненні на гальмівну педаль [2, 3].

Графік залежностей тиску в гальмівних камерах мостів автомобіля від часу $p_i = f(t)$ який в теорії експлуатаційних властивостей [4] називається динамічною характеристикою гальмівної системи (рис. 1), може бути перебудований в гальмівну діаграму, причому масштаб перебудовування визначається за допомогою наступних початкових даних і положень.

В процесі гальмівних випробувань базового зразка ДТЗ заміряється величина усталеного сповільнення автомобіля $j_{\text{уст}}$, яка пов'язана із значенням загальної питомої гальмівної сили співвідношенням

$$\gamma_z = \gamma_{z1} + \gamma_{z2} = \frac{j_{\text{уст}}}{g}, \quad (1)$$