



• © В.В. Славін, аспірант (НТУ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА З РІЗНИМИ СИСТЕМАМИ ЖИВЛЕННЯ В РЕЖИМІ ПРИМУСОВОГО ХОЛОСТОГО ХОДУ

**Анотація.** Наведено результати експериментальних досліджень щодо впливу типу системи живлення на показники роботи бензинового двигуна в режимі примусового холостого ходу. Показано переваги сучасних систем живлення. Визначено ефективність трикомпонентного нейтралізатора з обома системами живлення в цьому режимі.

**Ключові слова:** примусовий холостий хід, склад суміші, паливна економічність, екологічні показники, система живлення, карбюратор, система впорскування, система зниження токсичності.

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию типа системы питания на показатели работы бензинового двигателя в режиме принудительного холостого хода. Показаны преимущества современных систем питания. Определена эффективность трехкомпонентного нейтрализатора с обеими системами питания в этом режиме.

**Ключевые слова:** принудительный холостой ход, состав смеси, топливная экономичность, экологические показатели, система питания, карбюратор, система впрыска, система снижения токсичности.

**Annotation.** The results of experimental test on the influence of the type of feed system on the performance of a petrol engine in overrun mode. Showing the advantages of modern feed systems. Determine the effectiveness of a three-component catalyst with the two feed systems in this mode.

**Keywords:** overrun idle mode, fuel-air ratio, fuel efficiency, environmental indices, feed system, carburetor, fuel injection system, emission control.

### Вступ

Відомо, що рух автомобілів у міських умовах характеризується циклічною зміною режимів. Значну частину цих режимів займає уповільнення автомобіля з положенням педалі акселератора, за якого настає режим примусового холостого ходу (далі – ПХХ).

У цьому режимі тривалість експлуатації автомобілів досягає 35 %. Крім того двигун у режимі ПХХ не виконує транспортної роботи, споживаючи в середньому 9...12% палива [1].

Режим ПХХ настає тоді, коли дросельна заслінка перебуває в положенні, яке відповідає мінімальній частоті обертання холостого ходу, а вал двигуна обертається з частотою, що перевищує мінімальну. При цьому трансмісія автомобіля передає енергію від коліс двигуну, який, поглинаючи її, виконує функцію гальма.

При переході двигуна в режим ПХХ відбувається значне і недоцільне перезбагачення горючої суміші, що надходить у циліндри двигуна. Внаслідок цього відбувається погіршення паливної економічності та зростання викидів продуктів неповного згоряння палива ( $\text{CO}$  і  $\text{C}_m\text{H}_n$ ), що насамперед властиво автомобілям із карбюраторними двигунами.

### Основна частина

Як відомо, сьогодні переважно в експлуатації перебувають автомобілі з карбюраторними системами живлення (далі – СЖ), які через свою конструкційну недосконалість не спроможні забезпечити виконання сучасних екологічних норм, а також покращення паливної економічності, порівняно з аналогічними автомобілями, обладнаними системами впорскування.



Для покращення показників роботи автомобілів із карбюраторними двигунами в режимі ПХХ, використовуються два напрями. Перший пов'язаний з інтенсифікацією процесу згоряння, а другий – з його припиненням. Для першої групи пристроїв характерна подача додаткової кількості горючої суміші й зміна параметрів системи запалювання, які своєю чергою забезпечують зниження викидів вуглеводнів ( $C_mH_n$ ) на 40...65 %, але одночасно з цим погіршується паливна економічність двигуна на 4...5 % [1].

До другої групи належать: обмежувачі розрідження, економайзери ПХХ і комбіновані системи. Для запобігання збагачення паливоповітряної суміші, між карбюратором і впускним трубопроводом встановлюють обмежувач розрідження. Принцип його роботи полягає в тому, що в режимі ПХХ під дією високого розрідження відкривається впускний клапан і у впускний трубопровід надходить додаткова кількість повітря.

При застосуванні обмежувача розрідження практично припиняється викид монооксиду вуглецю (СО). Проте робота автомобільного двигуна з обмежувачем розрідження супроводжується підвищеним вмістом  $C_mH_n$  у відпрацьованих газах (далі – ВГ), що пов'язано із надходженням у циліндри двигуна паливної плівки, яка залишилася на стінках впускного трубопроводу від попередніх робочих циклів. Потрапляючи в циліндри двигуна, в яких не відбувається згоряння палива, вона надалі надходить у впускну систему у вигляді незгорівших  $C_mH_n$ .

Використання обмежувача розрідження дає змогу знизити витрату моторної оливи та нагароутворення у двигуні, усуває хлопки в глушнику в цих режимах.

Найефективнішим заходом є припинення паливоподачі в режимі ПХХ. У сучасному карбюраторі цю функцію виконує економайзер ПХХ з електронним керуванням. Складовими елементами такого пристрою є: електромагнітні клапани, електронний блок, датчики частоти обертання, положення дросельної заслінки та температури. Такі економайзери ПХХ використовують у легкових автомобілях моделей ВА3-2105 і ВА3-2107 із карбюраторами типу "Озон К-151". Завдяки цьому економія палива в міських умовах експлуатації може досягати 3 % [1].

Між тим активний інтерес до пошуку ефективних заходів щодо зниження споживання палива автомобілями та зменшення концентрацій шкідливих речовин у ВГ сприяв стрімкому розвитку електронних систем впорскування палива.

Ці способи дають змогу отримати кращі показники паливної економічності та зниження токсичності ВГ в усіх режимах, зокрема у режимі ПХХ. Припинення подачі палива в режимі ПХХ

здійснювалося ще в ранніх електронних системах D-Jetronic, які встановлювалися на деякі автомобілі Volkswagen [2].

Відключення подачі палива в режимі ПХХ є менш ефективним у двигунах з карбюраторними СЖ і у двигунах із центральним впорскуванням палива, внаслідок тривалого часу надходження палива до циліндрів. Оскільки потік палива тривалий, затримка між відновленням подачі та його згорянням призводить до нестійкої роботи двигуна, і, як наслідок, погіршення показників роботи двигуна. Режим ПХХ менш ефективний на холодному двигуні, оскільки гранична частота обертання вала двигуна для припинення і відновлення впорскування палива на холодному двигуні буде вищою. На підставі вхідних сигналів від датчиків, які слідкують і визначають режим роботи двигуна, система впорскування керує відключенням подачі палива в режимі ПХХ, а особливо, щоб цей процес не мав місця під час переключення передач.

Системи впорскування, які регулюють кут випередження запалювання, можуть його зменшувати під час переходу, щоб згладити реакцію двигуна на відключення та відновлення паливоподачі.

Дослідження впливу електронної системи впорскування бензину типу LE-Jetronic і карбюраторної СЖ із економайзером ПХХ на показники роботи двигуна в режимі ПХХ, проведенні в роботі [3]. Результати дослідження показали зниження витрати палива та концентрацій шкідливих речовин при використанні системи впорскування.

Посилення заходів щодо зменшення викидів шкідливих речовин, основним джерелом яких є ВГ автомобілів, передбачає дообладнання їх системами зниження токсичності. Як відомо, основу таких систем складають трикомпонентний нейтралізатор та зворотній зв'язок по датчику кисню. Призначення останнього полягає в підтриманні стехіометричного складу суміші, що забезпечує максимальну ефективність нейтралізатора, а також не передбачено програмно в системі LE-Jetronic.

У зв'язку з цим для дослідження обрано сучасну систему впорскування бензину типу LH-Motronic із системою нейтралізації ВГ, достатньою для задоволення діючих екологічних норм. Вона дає змогу отримати кращу паливну економічність, екологічні та енергетичні показники двигуна при роботі на стехіометричному складі суміші із системою нейтралізації ВГ, порівняно з ранніми СЖ, в яких склад суміші може змінюватися.

Для перевірки цього у ході експериментальних досліджень отримано серію характеристик бензинового двигуна 4С7,6/6,6 із карбюраторною СЖ та сучасною системою впорскування із системою нейтралізації ВГ, що відтворюють різноманітні режими умов експлуатації автомобілів.

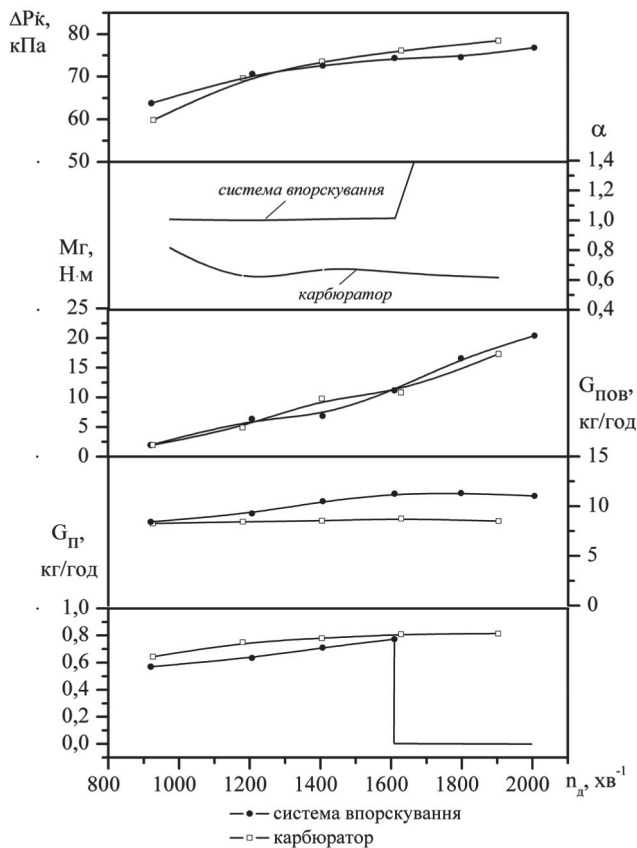


Рис. 1. Характеристики ПХХ двигуна 4С7,6/6,6 із різними системами живлення: показники паливної економічності

При визначенні характеристик ПХХ (рис. 1-2), прогрітий до робочої температури двигун обертався гальмівною машиною, щоб визначити момент початку припинення паливободачі та показники в цьому режимі.

При дослідженні використовувалася штатна СЖ автомобіля ВАЗ-21051 з карбюратором, в конструкції якого не передбачено систем, які припиняють паливободачу або керують процесом сумішоутворення в режимі ПХХ, що необхідно для отримання ідентичних даних при порівнянні з обраною системою впорскування. Тому з отриманих характеристик ПХХ можна визначити вплив карбюраторної СЖ на паливну економічність, концентрації шкідливих речовин тощо при відмовах або відсутності таких систем і пристроїв, що найчастіше зустрічається в умовах експлуатації автомобілів із такими СЖ.

Із характеристик (рис. 1) видно, що заміна карбюраторної СЖ системою впорскування покращує паливну економічність. Зі зростанням частоти обертання  $n_d$  та гальмівного моменту  $M_p$ , розрідження  $\Delta P_k$  у впускному трубопроводі також зростає. Витрати палива  $G_{\text{п}}$  і повітря  $G_{\text{пов}}$  змінюються незначно, оскільки має місце критичне відношення тисків після та перед дросельною заслінкою.

Досліджувана система впорскування підтримує стехіометричний склад суміші у всьому діапазоні характеристики ПХХ, через регулювання витрати повітря через байпасний канал холостого ходу. За частоти вище  $n_d = 1600 \text{ хв}^{-1}$  подача палива припиняється.

Вплив типу СЖ на екологічні показники двигуна в режимі ПХХ показано на рис. 2, при цьому визначалась ефективність знешкодження шкідливих речовин, встановленням у потоці ВГ трикомпонентного нейтралізатора [4].

Як видно з рис. 2, концентрації шкідливих речовин найменші при роботі двигуна із системою впорскування бензину. Завдяки програмного алгоритму керування двигуном у режимі ПХХ, вона краще керує виконавчими механізмами для підтримання відповідного складу суміші, що забезпечує максимальну ефективність нейтралізатора.

Це також підтверджується зростанням концентрацій діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), внаслідок доокислення  $\text{CO}$  в каталітичному нейтралізаторі.

У режимі гальмування двигуном електронний блок системи впорскування, зокрема при нульовій паливободачі, зменшує кут випередження запалювання  $\theta$  для зменшення  $\text{C}_m\text{H}_n$  у ВГ.

У режимі нульової паливободачі при роботі двигуна із системою впорскування, концентрація  $\text{CO}$  у ВГ відсутня, а джерелом  $\text{C}_m\text{H}_n$  у цьому режимі може бути моторна олива.

У режимі ПХХ, а саме в діапазоні навантажень двигуна  $n_d = 926 \dots 1600 \text{ хв}^{-1}$  з карбюраторною СЖ зі збагаченим складом суміші  $\alpha \approx 0,91 \dots 0,61$ , підвищуються концентрації продуктів неповного згоряння палива  $\text{CO}$  (в 3,8 рази) і  $\text{C}_m\text{H}_n$  (в 2,2 рази) перед нейтралізатором, порівняно з показниками при системі впорскування.

Концентрації оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ) в режимі ПХХ незначні та різниця для різних СЖ близька до точності заміру цієї шкідливої речовини. Із характеристики ПХХ видно, що використання електронної системи впорскування зі зворотнім зв'язком підвищує ефективність роботи нейтралізатора. У кожній точці характеристики забір газу у впускній системі для вимірювання концентрацій шкідливих речовин у ВГ виконували перед і після нейтралізатора для обох СЖ. Оцінку ефективності роботи нейтралізатора здійснювали за коефіцієнтом ефективності (ступенем перетворення або нейтралізації) для кожного компонента ВГ.

У діапазоні навантажень  $n_d = 926 \dots 1600 \text{ хв}^{-1}$  ефективність нейтралізації шкідливих речовин  $\text{CO}$  і  $\text{C}_m\text{H}_n$  із системою впорскування в середньому становить 94,2...75 %, а з карбюраторною СЖ – 28...42,3 % відповідно.

Ефективність нейтралізації  $\text{NO}_x$  при уповільненні двигуна із системою впорскування підвищується в межах 27...81 %, через зростання температури ВГ  $t_{\text{вг}}$ . За тих же умов

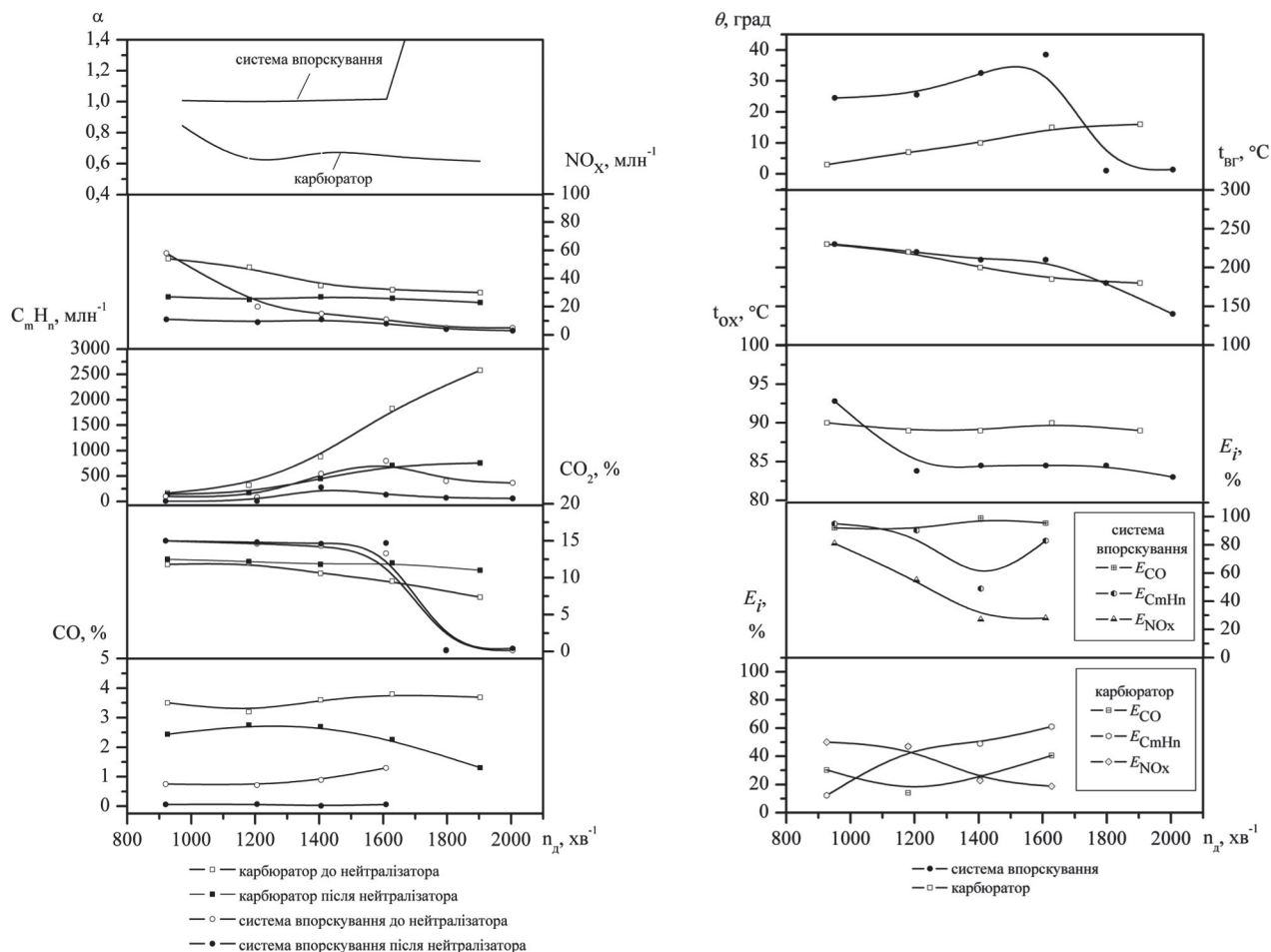


Рис. 2. Характеристика ПХХ двигуна 4Ч7,6/6,6 із різними системами живлення: екологічні показники

нейтралізація  $\text{NO}_x$  менша (19...50 %) за роботи двигуна з карбюраторною СЖ, що пояснюється значним збагаченням складу суміші.

### Висновки

Отже, проведенні дослідження показали, що експлуатація автомобілів із карбюраторними двигунами, в яких не передбачено систем або, як випадок, наявність у них несправностей, що керують подачею палива в режимі ПХХ, спричиняє неефективне використання палива двигуном і, як наслідок, відбувається зростання викидів продуктів неповного згоряння палива з ВГ. Як і очікувалося, заміна карбюраторних СЖ системами впорскування зі зворотнім зв'язком і трикомпонентним нейтралізатором покращує показники легкових автомобілів у режимі ПХХ. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що ефективність роботи трикомпонентного нейтралізатора вища за роботи двигуна із системою впорскування, яка в режимі подачі палива підтримує оптимальний склад суміші. Однак робота двигуна з карбюратором має дещо інший характер протікання кривої

складу суміші за тих же умов, про що свідчать значні концентрації шкідливих речовин у ВГ.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ерохов В.И. Экономичная эксплуатация автомобиля / Ерохов В. И. — М.: ДОСААФ, 1986. — 128 с.
2. Системы впрыска BOSCH. Принцип действия, тестирование, обслуживание, модернизация. — М.: РИП "Петит", 2009. — 200 с.
3. Гулько А.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників в умовах експлуатації: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.20 / Гулько Андрій Веніамінович. — К., 2006. — 185 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Вплив типу системи живлення на екологічні показники бензинового двигуна / Ю.Ф. Гутаревич, С. В. Карев, І. В. Манько, В. В. Славін // Вісник Національного транспортного університету. — 2011. — №24. — С. 85-93.