

УДК 621.43

Слинько Г.І.<sup>1</sup>

Бокар'юв В.І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> асп. НУ «Запорізька політехніка»

## **МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВЗ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ЗА СТАТИСТИЧНИМИ ДАНИМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ**

Введення перспективних екологічних стандартів та світових директив щодо значного зниження викидів діоксиду вуглецю ставить перед автовиробниками складні задачі одночасного зниження витрати палива та викидів шкідливих речовин при збереженні техніко-ефективних показників. Водночас ці обмеження стосуються модельного ряду виробника, що дає можливість знижувати середнє значення викидів за рахунок виробництва так званих «транспортних засобів з нульовими викидами» (Zero emission vehicles, ZEV). Деякі країни світу вже оголосили про наміри заборонити реєстрацію нових транспортних засобів (ТЗ) з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) наприкінці нинішнього десятиліття – на початку наступного.

Незважаючи на прискорення темпів розвитку технологій за рахунок субсидування та політичної підтримки, виробництво та особливо експлуатація ZEV, що використовують акумуляторні батареї в якості джерела живлення, все ще не гарантують зниження викидів CO<sub>2</sub> до проектних значень. Це пов'язано як з викидами під час виробництва батарей, так і з долею виробництва відновлюваної електричної енергії. Стрімке зростання кількості електромобілів призведе до зростання навантаження на енергетичну інфраструктуру.

Використання ZEV є економічно обґрунтованим (навіть з урахуванням субсидування) лише для незначної кількості власників ТЗ. Все це призводить до того, що на даний момент використання біопалив та розвиток гібридних ТЗ може дозволити досягти порівняних викидів CO<sub>2</sub>, що підтверджується, наприклад, дослідниками з Porsche та Toyota. А отже і розвиток ДВЗ для підвищення паливної ефективності та зменшення шкідливих викидів залишається актуальною задачею.

Найбільші викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами (ВГ) для сучасних ДВЗ з іскровим запалюванням притаманні для режимів холодного пуску і прогріву систем очищення ВГ, а також при великих навантаженнях (інтенсивні прискорення, рух в гору). Експериментальні дослідження показали, що при сталих режимах руху та низьких навантаженнях і навіть

помірних прискореннях концентрація CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, NO<sub>x</sub> слабо відрізняється від фонових значень.

Застосування електричного підігріву систем нейтралізації відпрацьованих газів та використання ДВЗ у складі гібридних силових установок може дозволити знизити викиди шкідливих речовин одночасно зі зменшенням вуглецевого сліду від автомобілів. Алгоритми систем керування сучасних гібридних автомобілів дозволяють використовувати теплові та електричних двигуни як окремо, так і сумісно. Це ставить задачі з оптимізації наявних джерел енергії для забезпечення якомога меншого впливу на навколишнє середовище під час експлуатації ТЗ зі збереженням його характеристик. Для досягнення поставленої мети внесено зміни до програмного комплексу розрахунку повного робочого циклу ДВЗ, розробленого на кафедрі ДВЗ НУ «Запорізька політехніка».

Зазначена вище програма дозволяє розраховувати витрату палива ТЗ на базі моделювання робочого циклу ДВЗ для кожного з відокремлених режимів роботи в рамках випробувальних або реальних їздових циклів. Для моделювання викидів шкідливих речовин запропоновано використовувати статистичні дані експериментальних випробувань з відбором проб відпрацьованих газів до газоаналізатора під час стендових випробувань двигуна або під час сертифікації автомобіля.

Значення кожної складової викидів відпрацьованих газів записується до окремої комірки тривимірної таблиці, в залежності від навантаження на двигун та частоти обертання колінчастого валу. Окремі таблиці відповідають за режими прогріву двигуна та каталітичного нейтралізатора відпрацьованих газів. Збільшення кількості статистичних даних та підвищення роздільної здатності таблиць дає змогу підвищувати точність моделювання. Найпростіший їздовий цикл NEDC (Новий європейський їздовий цикл) включає в себе як мінімум 15 значень навантаження на двигун та відповідних частот обертання колінчастого валу. Разом із записом основних параметрів робочого циклу ДВЗ під час моделювання до файлу результатів розрахунку додаються значення витрати палива та значення викидів шкідливих речовин для кожного режиму. Подальше інтегрування отриманих величин дозволяє отримати змодельовані значення витрати палива та викидів шкідливих речовин для ТЗ.

Таким чином, розроблена методика дозволяє досліджувати та оптимізувати робочі процеси в ДВЗ, обирати найбільш ефективні режими використання двигунів гібридних силових установок для зниження витрати палива та викидів шкідливих речовин згідно вимог перспективних міжнародних екологічних норм. Використання емпіричних значень замість відомих моделей дозволяє досягти більшої адекватності. Результати роботи

можуть бути використані на підприємствах двигунобудування та у навчальному процесі для студентів ОПП «Двигуни внутрішнього згорання».