

3. Технічний звіт «Про випробування дослідного зразка чотириколісного мотоциклу ЗІМ-800Д», Харків: ХКБД, №4078 від 28.03.1996 р. 22 с.

УДК 621.432.4

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ДВОТАКТНИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ БЕНЗОПИЛ

Слинько Георгій Іванович, докт. техн. наук, професор кафедра автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок, Національний університет «Запорізька політехніка», e-mail: gslynko@zr.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1954-8530

Сухонос Роман Федорович, аспірант, старший викладач кафедра автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок, Національний університет «Запорізька політехніка», e-mail: suh8888@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9683-3389

Через меншу питому масу двотактні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) краще підходять для роботи у складі малогабаритних машин, в тому числі ручного інструменту (мотопили, садові ножиці, висоторізи, бензорізи тощо), ніж чотиритактні двигуни. А відсутність залежності від електричного живлення забезпечує кращу автономність таких машин, ніж електроінструмент (як акумуляторний, так і мережевий). Таким чином, питання дослідження робочих процесів та покращення показників малокубатурних двотактних ДВЗ залишається актуальним.

Метою роботи є дослідження тенденцій та техніко-економічна оцінка ефективності технічних рішень, впроваджених в конструкцію двотактних ДВЗ для бензопил за останні роки.

Протягом багатьох десятиліть конструкція двотактних ДВЗ для інструменту зазнавала мінімальних змін. Як зазначається в ряді робіт [1–3], основними напрямками удосконалення двотактних бензинових ДВЗ є покращення паливної економічності та зменшення рівня викидів токсинів. Для покращення екологічних властивостей двотактного ДВЗ компаніями Husqvarna AB, а згодом і Andreas Stihl AG & Co, під назвами X-Torq (2-MIX) впроваджено в серійне виробництво двигуни з технологією пошарового продування в карбюраторному двигуні [4]. Карбюраторні двигуни з пошаровим продуванням, в яких на початковому періоді продування в циліндр подається чисте

повітря, а тільки потім – паливоповітряна суміш, забезпечують зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу, головним чином вуглеводнів, а також економію палива.

Проведено аналіз технічних характеристик 111 моделей ДВЗ бензопил провідних фірм-виробників за 2015–2025 роки. Встановлено, що перехід від класичних карбюраторних двигунів на карбюраторні двигуни з пошаровим продуванням забезпечує зменшення витрати палива до 17 %:

- у карбюраторних ДВЗ $g_e = 490 \dots 725$ г/(кВт·год);
- у карбюраторних ДВЗ з пошаровим продуванням $g_e = 407 \dots 725$ г/(кВт·год).

Встановлено, що літрова потужність двигунів, як класичних карбюраторних, так і карбюраторних з пошаровим продуванням, від способу продування практично не залежить, і складає $N_l = 36,6 \dots 61,0$ кВт/л – по мірі збільшення робочого об'єму циліндра двигунів їх літрова потужність зростає (рис. 1, а).

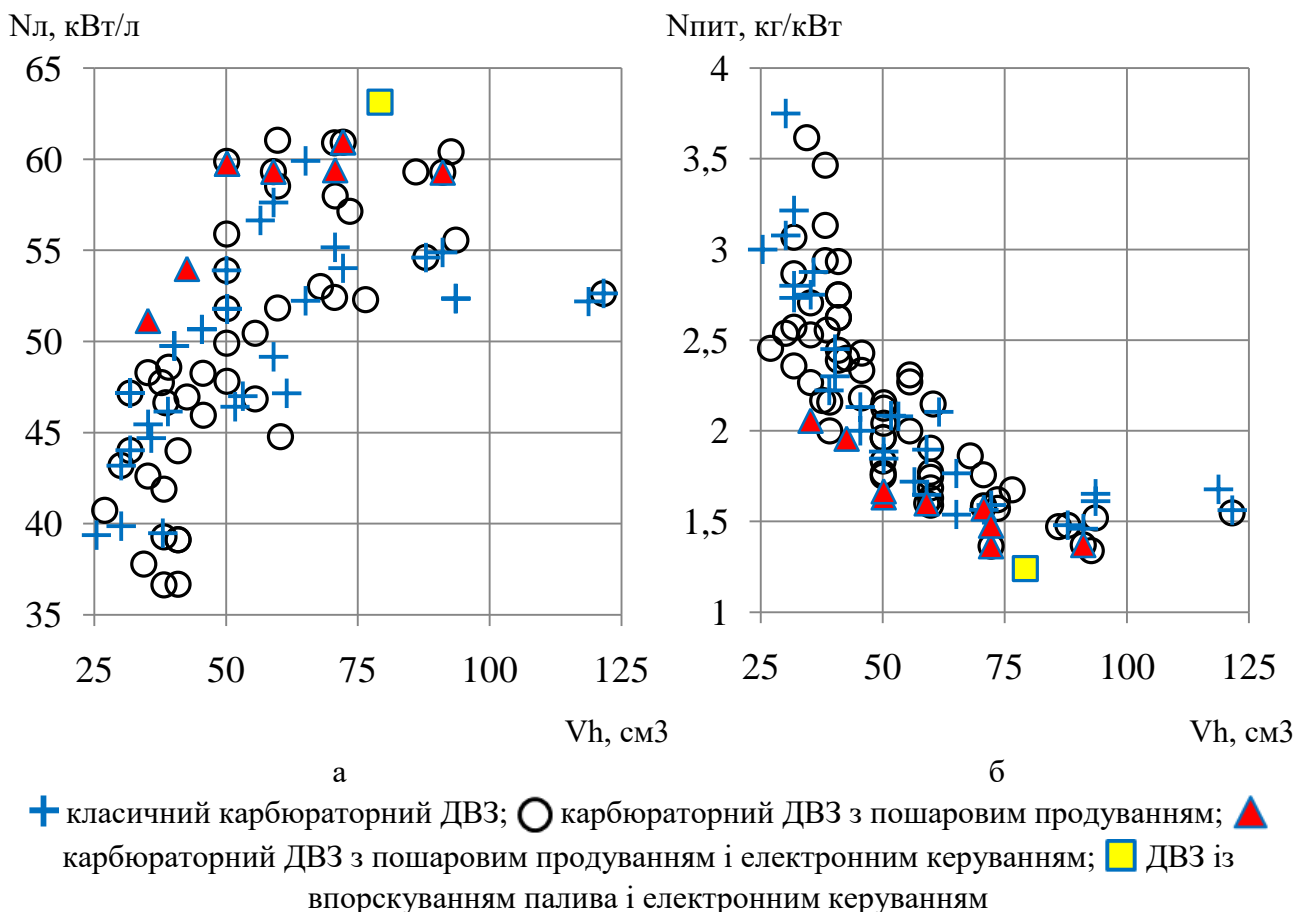


Рисунок 1 – Залежність літрової потужності N_l (а) і питомої потужності $N_{\text{пит}}$ (б) 2-тактних двигунів бензопил Husqvarna і Stihl від об'єму циліндра V_h

Питома маса класичних карбюраторних двигунів, а також карбюраторних з пошаровим продуванням, від способу продування практично не

залежить, і складає 1,3...3,8 кг/кВт – по мірі збільшення робочого об'єму циліндра двигунів їх питома маса зменшується (рисунок 1, б).

Також виробниками заявлено зменшення викидів окремих компонентів відпрацьованих газів (головним чином, вуглеводнів) ДВЗ з пошаровим продуванням до 75...80 %. Проте такі дані в технічній та науковій літературі відсутні.

Подальшим покращенням показників малокубатурних двотактних ДВЗ є електронне керування запалюванням і паливopoдачею за допомогою мікроконтролера (система Stihl M-Tronic), який отримує сигнали з датчиків температури двигуна, частоти обертання колінчастого валу, положення дросельної заслінки. В залежності від зовнішніх умов, що діють на двигун бензопили, мікроконтролер коригує якість паливopoвiтряної суміші і кут випередження запалювання. Така система керування забезпечує більш оптимальну підготовку суміші та час її запалювання при зміні умов роботи ДВЗ, ніж система з карбюратором з механічним регулюванням кількості та якості паливopoвiтряної суміші гвинтами.

Літрова потужність двигунів з пошаровим продуванням і електронним керуванням Stihl 2-MIX M-Tronic складає $N_{л} = 51,1...60,9$ кВт/л – до 32 % більше, ніж у моделей з традиційною системою керування аналогічного об'єму.

Питома маса двигунів Stihl 2-MIX M-Tronic складає 1,36...2,06 кг/кВт – до 50 % менше, ніж у моделей з традиційною системою керування аналогічного об'єму.

Подальшим розвитком системи керування двотактного ДВЗ є відмова від карбюратора і перехід до впорскування палива в картер або у впускний колектор. На ринку наразі наявна одна модель двотактного двигуна для бензопили із впорскуванням палива у впускний колектор Stihl MS500i [5]:

- робочим об'ємом 79,2 см³;
- номінальною потужністю $N_e = 5,0$ кВт;
- літровою потужністю $N_{л} = 63,1$ кВт/л – найбільше значення із всіх розглянутих;
- питомою масою 1,24 кг/кВт – найменше значення із всіх розглянутих.

Окрім кращих показників, інжекторний двигун забезпечує кращу прийомистість – час прискорення від холостого ходу до максимальної частоти обертання складає 0,25 с.

Висновки

В результаті проведеної роботи визначено, що у двотактних бензинових ДВЗ для бензопил є тенденція до збільшення літрової потужності, зменшення

питомої маси, зменшення питомої витрати палива за рахунок застосування наступних технічних рішень:

- організація пошарового продування за рахунок альтернативних схем газообміну (Husqvarna X-Torq, Stihl 2-MIX);
- впорскування палива (Stihl Injection);
- керування запалюванням і паливоподачею за допомогою мікроконтролера (Stihl M-Tronic).

Виходячи з аналізу питомих показників, найбільш перспективними для подальшого широкого використання на малокубатурних двотактних ДВЗ є технології двигунів Stihl 2-MIX M-Tronic та Stihl Injection.

Література

1. Mavinahally N. S. An Historical Overview of Stratified Scavenged Two-Stroke Engines - 1901 through 2003 // SAE Technical Paper 2004-32-0008 (2004), <https://doi.org/10.4271/2004-32-0008>.
2. Слинко Г. І., Сухонос Р. Ф., Слинко В. В. Аналіз напрямків покращення економічності та екологічності 2-тактних двигунів внутрішнього згорання // Інноваційні аспекти розвитку автомобільного транспорту України : Міжнарод. наук.-практ. конф., 16-18 травня 2023 р. : Тези доповідей. Кам'янське : ДДТУ, 2023. С. 123–125.
3. Slynko G., Sukhonos R. Methods for Improving 2-stroke Internal Combustion Engines // Тиждень науки-2024. Транспортний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 15-19 квітня 2024 р. / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄСВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024. С. 81–83.
4. Two-Stroke Internal Combustion Engine : Patent WO 00/43650 A1: F02B 25/22, 25/14, 33/04 / L. Andersson, G. Dahlberg, B. Jonsson, H. Strom. – опубл. 27.07.2000. 25 с.
5. Система впорскування Stihl Injection – електронне управління двигуном [Електронний ресурс]. – Stihl. 2024. – Режим доступу: <https://www.stihl.ua/uk/professional/innovatsii-ta-tekhnohii/injection-system>