

УДК 621.434.12

DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.18

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МАЛОЛІТРАЖНОГО ДВИГУНА ДЛЯ МІНІТРАКТОРА

Осетров О. О., Бекарюк О. М., Альохін Д. С., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація. Представлені результати експериментального дослідження малолітражного бензинового двигуна Briggs&Stratton Vanguard. Приведено схему та описання моторного стенда. Проаналізовано навантажувальні характеристики двигуна при різних частотах обертання колінчастого валу. Визначено загальні механічні втрати у двигуні. Розглянуто можливість використання відомих емпіричних залежностей для визначення середнього тиску механічних втрат. Запропоновано емпіричну залежність, яка найкращим чином підходить для дослідного двигуна.

Ключові слова: механічні втрати, експериментальне дослідження, навантажувальна характеристика, емпірична залежність.

Вступ

Малолітражні двигуни з іскровим запалюванням отримали поширення в якості енергетичної установки для генераторів струму, мінітракторів, мотоциклів, мотопомп та інших засобів. Для вибору двигуна для конкретного виду силової установки, налаштування та ідентифікації математичних моделей та інших цілей потрібно мати результати експериментальних досліджень робочого процесу. Проте в технічній літературі і навіть на інформаційних ресурсах виробників малолітражних двигунів недостатньо повно представлена інформація щодо показників робочого процесу двигунів, що обумовлює актуальність теми наукового дослідження.

Аналіз публікацій

Малолітражні двигуни широко використовуються в комунальному та сільському господарстві (мотонасоси, мотосвердла, снігоочисники, конвеєри, мінітрактори, мотоблоки, ланцюгові мотопили), на транспортних засобах (моторні човни, велодвигуни, мопеди, мотоцикли, снігоходи) та інших областях (пускові двигуни, генератори). Ці двигуни є компактними, мають малу вагу, мобільність та низьку вартість [1–8].

Для малогабаритної техніки використовують двигуни потужністю до 20 кВт. В двигунах потужністю до 3 кВт застосовують бензин; у двигунах потужністю від 3 до 20 кВт в якості палива можуть виступати як бензин, так і дизельне паливо.

Число циліндрів малолітражних двигунів складає 1–2, рідше 3. В більшості випадків

двоциліндрові конструкції мають V-подібне розташування циліндрів у відсіку.

Діаметр циліндра D знаходиться в межах від 35 до 90 мм, хід поршня S – від 26–90 мм. Ці двигуни є переважно «коротко ходовими» – відношення S/D складає від 0,66 до 0,94 і лише для деяких конструкцій це відношення на 3–12 % перевищує одиницю (1,03–1,125) [4–6].

Використовують як двотактні так і чотиритактні двигуни. Двотактні двигуни застосовують переважно у випадках, де визначальними параметром двигуна є вага конструкції (мотопили, мотокоси) [1, 4]. Номінальна частота обертання знаходиться в широкому діапазоні – від 2400 до 10000 хв⁻¹. Менші значення частоти обертання мають дизельні двигуни, більші – бензинові. Як правило двотактні двигуни із малою вагою мають більшу частоту обертання колінчастого валу [1].

Ступінь стиснення бензинових двигунів варіюється в межах від 6 до 11, дизельних – від 15 до 18. Більші значення ступеня стиснення обмежуються детонацією (для бензинових двигунів), або навантаженнями на деталі кривошипно-шатунного механізму (для дизельних двигунів). Як правило, двигуни із більшим ступенем стиснення є більш економічними.

Питома витрата палива бензинових двигунів є більшою в порівнянні з дизельними. Так, наприклад, витрата палива на режимі номінальної потужності бензинових двигунів змінюється в межах від 320 до 550 г/(кВт·год), дизельних – від 248 до 257

г/(кВт·год) [1–8]. Слід зазначити, що питома витрата палива малолітражних двигунів перевищує витрату палива двигунів подібної конструкції але більшої розмірності. Це пояснюється погіршенням сумішоутворення в циліндрі, збільшенням тепловіддачі в стінки, зростанням величини механічних втрат внаслідок підвищення швидкохідності, а також відносно високих гідравлічних втрат в клапанах [9].

Наведена інформація щодо показників токсичності відпрацьованих газів залежно від навантажувального і швидкісного режимів роботи двигуна є суперечливою. Наприклад, в роботах [2, 5] за результатами експериментальних досліджень одноциліндрових чотиритактних двигунів показано, що з ростом потужності вміст CO і CH у відпрацьованих газах зростає. Дані роботи [6] навпаки, свідчать про зменшення викидів CO і CH з ростом навантаження на двигун.

В технічній літературі як правило, приводять максимальну потужність і крутний момент двигуна; інколи вказують питому витрату палива на режимі номінальної потужності [1–6]. Вкрай рідко наводять індикаторну діаграму, швидкісні та навантажувальні характеристики двигуна [4–6].

Двигуни Briggs&Stratton Vanguard (рис. 1) отримали широке використання в якості енергетичної установки мотоблоків, газонокосарок та мінітракторів.



Рис. 1. Загальний вид двигуна Briggs&Stratton Vanguard

На сайті виробника наведено технічну характеристику, що представлено в таблиці 1 [10]. Видно, що ці дані дуже обмежені і не дозволяють оцінити експлуатаційні власти-

вості двигуна. Для більш детального аналізу показників двигуна Briggs&Stratton Vanguard номінальною потужністю 13,4 кВт слід провести експериментальне дослідження його робочого процесу.

Таблиця 1 – Технічна характеристика дослідного двигуна

Параметр	Значення
Механізм газорозподілу	V-подібний, 4-тактний верхньоклапанний (OHV) двигун з повітряним охолодженням
Номер моделі	3564
Крутний момент (Нм) 2600 хв ⁻¹	18
Повна потужність в к.с. [кВт] 3600 хв ⁻¹	18 [13,4]
Робочий об'єм (см ³)	570
Циліндр	Чавунна гільза
Діаметр циліндру (мм)	72
Хід поршня (мм)	70
Ємність масляного бака (л)	1,7
Суха вага (кг)	33,6
Довжина (мм)	318
Ширина (мм)	410
Висота (мм)	438

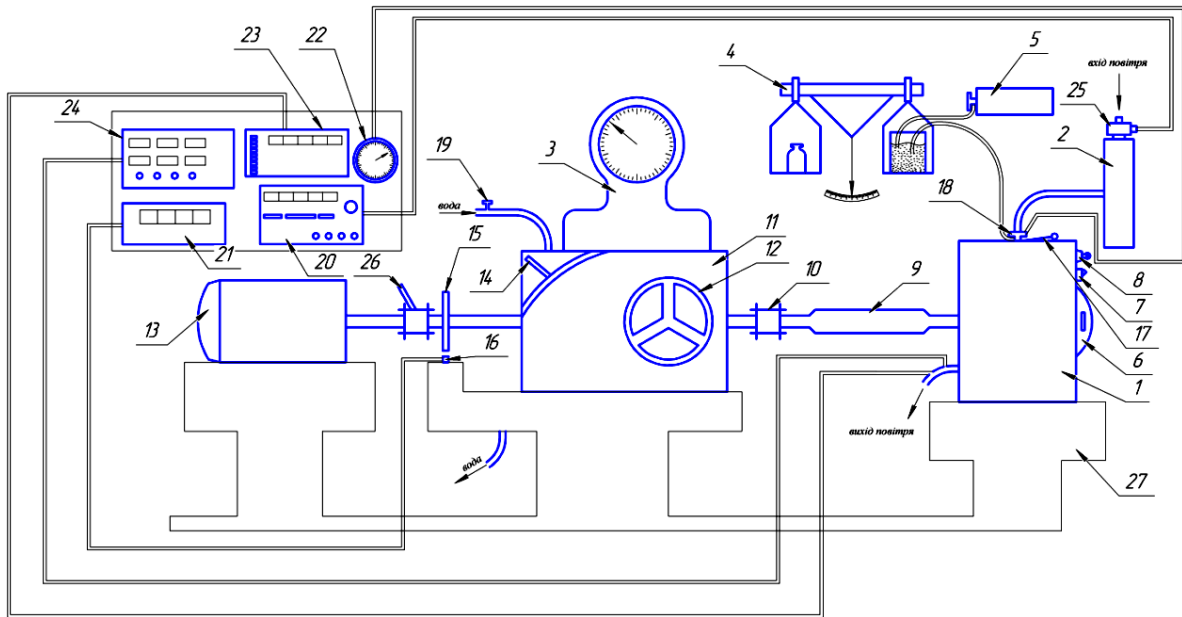
Мета та постановка завдання

Мета статті – експериментальне дослідження показників паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів малолітражного двигуна Briggs&Stratton Vanguard 18HP на режимах навантажувальних характеристик з різними частотами обертання колінчастого валу.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання: провести розробку експериментального стенду та забезпечити його необхідними приладами та обладнанням; провести випробування двигуна на режимах з частотами обертання колінчастого валу 1800, 2400, 3000, 3600 хв⁻¹ і навантаженнями від холостого ходу до максимального; провести обробку та аналіз отриманих експериментальних показників

Експериментальне обладнання

Схема і загальний вид моторного стенду для проведення випробувань двигуна Briggs&Stratton Vanguard наведено відповідно на рис. 2 і 3. Двигун 1 встановлено на опорі 27. Потужність з колінчастого валу двигуна на навантажувальній пристрій передається через валопровід 9.



1 – двигун Briggs&Stratton Vanguard 18 к.с.; 2 – повітряний ресивер; 3 – ваговий пристрій для визначення навантаження на плечі гальма; 4 – ваги для вимірювання витрати палива; 5 – паливний бак; 6 – ручний пусковий пристрій; 7 – важіль регулювання обертів колінчастого валу; 8 – вимикач стартера; 9 – вал; 10 – муфта; 11 – гальмівна установка; 12 – вентиль гідравлічного гальма; 13 – електричний двигун для запуску ДВЗ; 14 – важіль механічного гальма; 15 – шестерня; 16 – датчик числа обертів; 17 – орган управління повітряною заслінкою; 18 – карбюратор; 19 – вентиль для подачі рідини на гідравлічне гальмо; 20 – витратомір повітря; 21 – сумарний лічильник для визначення кількості обертів колінчастого валу; 22 – манометр для вимірювання розрідження за дросельною заслінкою; 23 – гальванометр для вимірювання температури відпрацьованих газів; 24 – газоаналізатор для визначення складу відпрацьованих газів; 25 – мірне сопло для вимірювання витрати повітря; 26 – муфта для з'єднання електродвигуна з ДВЗ; 27 – опора

Рис. 2. Схема експериментального моторного стенду з двигуном Briggs&Stratton Vanguard

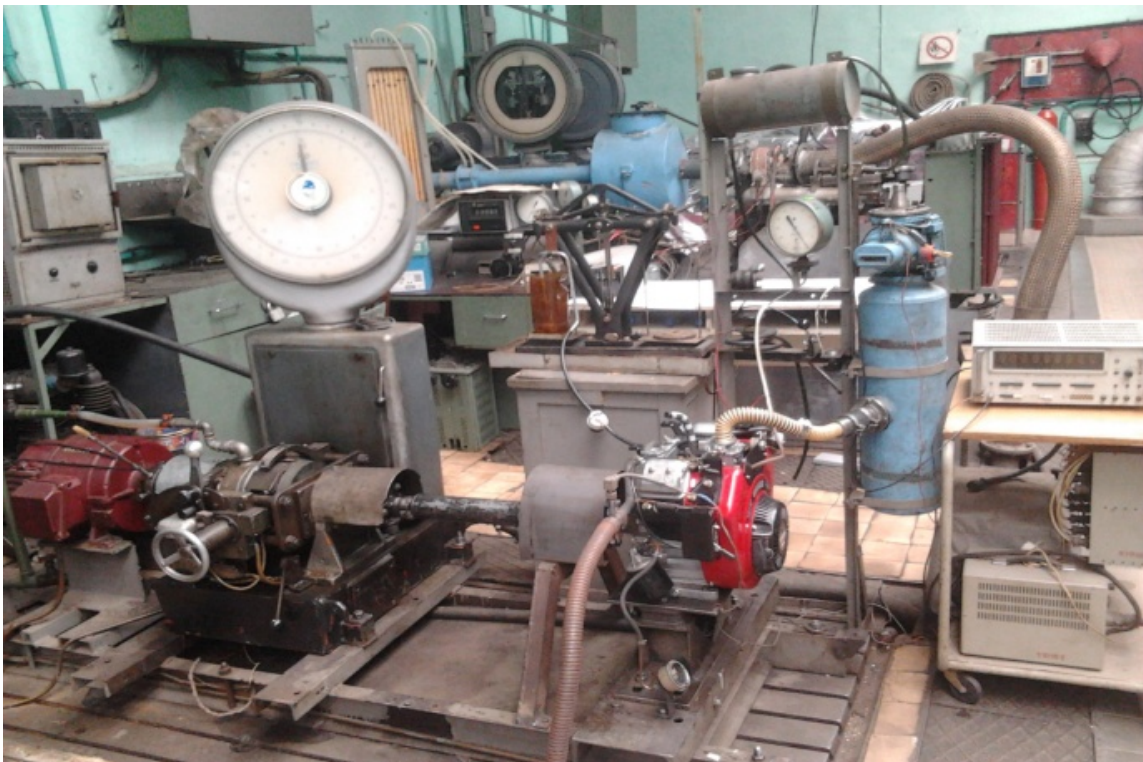


Рис. 3. Загальний вид моторного стенду для випробувань двигуна Briggs&Stratton Vanguard

Запуск двигуна здійснюється за допомогою ручного пускового пристрою 6 або від електродвигуна 13. Електричний пусковий двигун зчіплюється із випробувальним двигуном через муфту 26. Повітря надходить до двигуна через повітряний ресивер 2, на якому встановлене мірне сопло для вимірювання витрати повітря 25. Паливо з баку 5 надходить на ваги 4 для вимірювання витрати палива. Для регулювання складу паливоповітряної суміші на стенді встановлено орган управління повітряною заслінкою 17. Манометром 22 вимірюють розрідження за дросельною заслінкою. Частота обертання колінчастого валу вимірюється за допомогою датчика числа обертів 16, який знімає показання з шестерні 15, що встановлена на валу 9 та передає дані на електронний лічильник 21. Двигун навантажується гальмівною установкою 11, яка складається з механічного та гідравлічного гальма. Величина механічного навантаження регулюється важелем механічного гальма 14, гідравлічного навантаження – вентилем гідравлічного гальма 12. Вода до системи гідравлічного гальмування надходить через патрубок, на якому встановлено вентиль 19. Величина навантаження на двигун відображається на ваговому пристрої 3. За випускним колектором двигуна встановлено гальванометр 23 для вимірювання температури відпрацьованих газів. Склад відпрацьованих газів визначається за допомогою газоаналізатора 24

Методика експериментального дослідження показників двигуна Briggs&Stratton Vanguard

У ході експерименту було знято чотири навантажувальні характеристики на режимах з частотами обертання колінчастого валу 1800, 2400, 3000, 3600 хв⁻¹ і навантаженнями від холостого ходу до максимального. Величину навантаження збільшували до виходу на регуляторну характеристику, що забезпечується всережимним регулятором подачі палива.

В ході випробувань визначалися параметри, що представлені в табл. 2.

Обробкою цих даних за загальновідомими залежностями розраховували ефективну потужність двигуна N_e , середній ефективний тиск P_e , годинну витрату палива G_n , питому ефективну витрату палива g_e , масову витрату повітря $G_{пов}$, коефіцієнт надлишку повітря α , коефіцієнт наповнення η_v .

Таблиця 2 – Параметри, що визначалися під час експерименту

Найменування параметрів	Позначення
Частота обертів колінчастого валу, хв ⁻¹	n
Навантаження по шкалі гальма, кгс	$P_{тор}$
Кількість витраченого палива, г	g_n
Час витрати порції палива, с	τ
Розрідження за дросельною заслінкою, бар	$\Delta p_{бар}$
Температура відпрацьованих газів, °С	$t_{вг}$
Витрата повітря, м ³ /ч	V_s
Вміст кисню у ВГ, %	O_2
Вміст вуглекислого газу у ВГ, ppm	CO_2
Вміст монооксиду вуглецю у ВГ, ppm	CO
Вміст монооксиду азоту у ВГ, ppm	NO
Вміст діоксиду азоту у ВГ, ppm	NO_2

Особливу увагу при випробуваннях було приділено визначенню сумарних механічних втрат. Ці втрати визначали за графіком зміни годинної витрати палива на різних режимах навантаження при постійному числі обертів колінчастого валу (рис. 4).

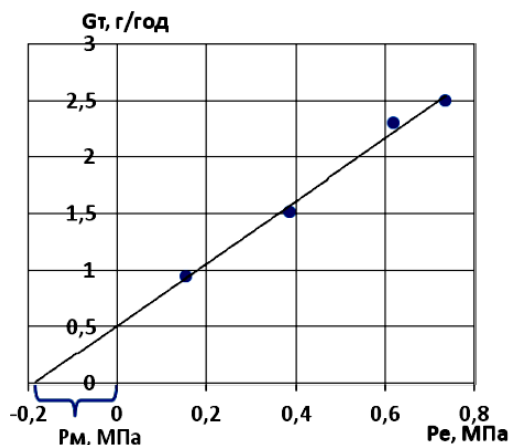


Рис. 4. Приклад визначення механічних втрат P_M на режимі 1800 хв⁻¹

Метод полягає в тому, що графік $G_n = f(P_e)$ в координатах часова витрата палива – ефективний тиск ($G_n - P_e$) екстраполюється до перетинання з віссю P_e , після чого отриманий відрізок від початку координат до точки перетинання прирівнюється середньому тиску механічних втрат P_M .

Аналіз результатів дослідження

Показники екологічності та навантажувальні характеристики двигуна Briggs&Stratton Vanguard на режимах з частотами обертання колінчастого валу 1800, 2400, 3000, 3600 хв^{-1} наведено на рис. 5.

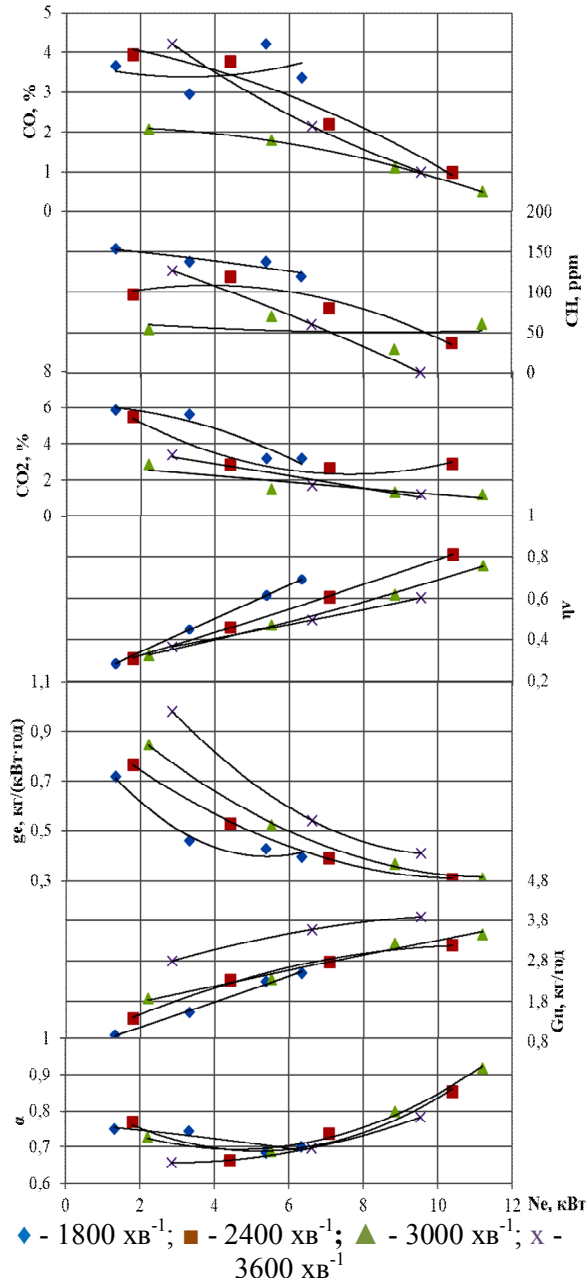


Рис. 5. Показники екологічності двигуна та навантажувальні характеристики двигуна на режимах з частотою обертання колінчастого валу

Характеристика зміни питомої витрати палива дещо відрізняється від аналогічної характеристики для двигунів більшої розмірності. Як правило, лінія g_c має мінімум в об-

ласті 70–90 % від максимального навантаження [3]. Проте в дослідному двигуні питома витрата палива постійно зростає зі зменшенням ефективної потужності. Вказане можна пояснити налаштуваннями карбюратора дослідного двигуна на збагачену паливо-повітряну суміш. Крім того, при зниженні потужності зменшуються максимальні температури і тиски в циліндрі, що призводить до погіршення термічного і індикаторного ККД. Зі збільшенням частоти обертання питома витрата палива зростає внаслідок збільшення механічних втрат на тертя і насосних втрат на здійснення газообміну.

Коефіцієнт надлишку повітря змінюється в діапазоні від 0,65 до 0,92. Причому в діапазоні потужності від 11,5 кВт до 4–6 кВт цей параметр зменшується до 0,65–0,7 залежно від швидкісного режиму роботи двигуна. При подальшому зменшенні потужності цей параметр несуттєво зростає або залишається незмінним. Швидкісний режим роботи двигуна на коефіцієнт надлишку повітря майже не впливає.

Вміст продуктів неповного згоряння палива (монооксиду вуглецю CO і незгорілих вуглеводнів CH) у відпрацьованих газах двигуна зі збільшенням потужності зменшується для більшості швидкісних режимів роботи. Це можна пояснити зростанням температур в циліндрі і збідненням паливо-повітряної суміші при зростанні навантаження. Також зменшуються викиди вуглекислого газу в атмосферу. Можна помітити тенденцію зменшення викидів CO і CH при збільшенні частоти обертання дослідного двигуна, що добре корелюється з даними інших дослідників [6, 8].

Результати експериментального визначення загальних механічних втрат у дослідному двигуні наведено на рис. 6.

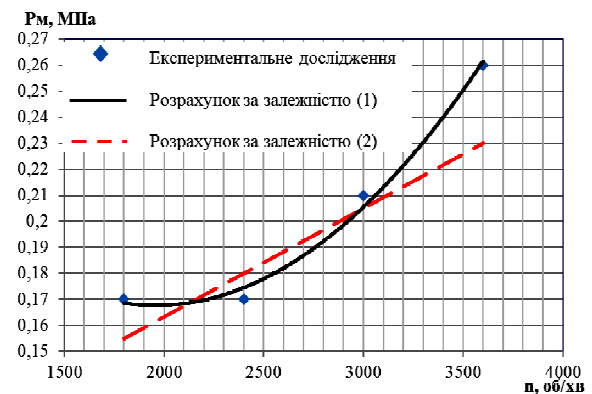


Рис. 6. Загальні механічні втрати в двигуні Briggs&Stratton Vanguard

Видно, що механічні втрати збільшуються зі зростанням частоти обертання колінчастого валу n внаслідок збільшення втрат на подолання тертя в поршневій групі та підшипниках. Аналіз даних рис. 6 показує, що механічні втрати в малолітражному двигуні змінюються нелінійно в залежності від n , а найкращим чином описуються емпіричною залежністю другого ступеня:

$$P_M = 0,3 - 0,12 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right) + 0,03 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right)^2, \quad (1)$$

де n – швидкість обертання колінчастого валу.

Проте, задовільну точність забезпечує також використання відомої лінійної залежності [8]

$$P_M = a + b \frac{n}{n_n}, \quad (2)$$

де a , b – емпіричні коефіцієнти; n – швидкість обертання колінчастого валу; n_n – номінальна швидкість обертання колінчастого валу. Для двигунів із зовнішнім сумішоутворенням рекомендовано $a=0,08$; $b=0,15$ за $n_n = 3600 \text{ хв}^{-1}$.

Аналіз рівня механічних втрат дозволяє зробити висновок, що значення середнього тиску механічних втрат для дослідного малолітражного двигуна відповідають значенням механічних втрат для автомобільних бензинових двигунів більшої розмірності [8, 11, 12].

Висновки

Проаналізовано параметри і показники малолітражних двигунів. Показано, що в технічній літературі бракує даних щодо показників цих двигунів в робочому діапазоні експлуатаційних навантажень.

Проведене експериментальне випробування двигуна Briggs&Stratton Vanguard на режимах експлуатаційних навантажень. Визначено показники ефективності робочого процесу двигуна (зокрема показники паливної економічності двигуна і токсичності відпрацьованих газів), надано пояснення отриманим результатам.

За графіком зміни годинної витрати палива на різних режимах навантаження при постійному числі обертів колінчастого валу визначено середній тиск механічних втрат двигуна.

Аналіз рівня механічних втрат дозволяє зробити висновок, що значення P_M для дослідного двигуна відповідають значенням механічних втрат для автомобільних бензинових двигунів більшої розмірності і номінальної частоти обертання.

Запропоновано залежність (1) для визначення середнього тиску механічних втрат в двигуні Briggs&Stratton Vanguard. Проте показано, що задовільну точність забезпечує залежність (2), запропонована проф. В.Г. Дьяченко.

Література

1. Мищенко, Н. И. Нетрадиционные малоразмерные двигатели внутреннего сгорания / Н. И. Мищенко. – Донецк : Лебедь, 1998. – 228 с.
2. Peterka, B. Comparison of exhaust emissions and fuel consumption of small combustion engine of portable generator operated on petrol and biobutanol / B. Peterka, M. Pexa, J. Čedík, D. Mader, M. Kotek // Agronomy Research. – 2017. – vol. 15(S1). – pp. 1162-1169.
3. Sulaiman, M. Y. Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG / M. Y. Sulaiman, M. R. Ayob, I. Meran // Procedia Engineering. – 2013. – Vol. 53. – P. 579–585. doi:10.1016/j.proeng.2013.02.074
4. Khalaf, I. H. An experimental study for performance and emissions of a small four-stroke si engine for modern motorcycle / I. H. Khalaf, M. M. Rahman // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. – 2014. – Vol. 10. – P. 1852–1865. doi:10.15282/ijame.10.2014.3.0154
5. Hitesh, B. B. Experimental Investigations of Exhaust Emissions of four Stroke SI Engine by using direct injection of LPG and its analysis / B. B. Hitesh, Y. R. Suple // International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). – 2013. – Vol. 3. – P. 2600–2605.
6. Shehata, M. S. Engine performance parameters and emissions reduction methods for spark ignition engine / M. S. Shehata, S. M. Abdel Razek // Engineering Research Journal. – 2008. – vol. 120. – pp. 32-57.
7. Ashish, D. S. Performance Testing Of 2-Stroke SI Engine by Using External Vaporized Carburetor / D. S. Ashish, P.G. Sneha, P. B. Poonam // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2015, no. 02, issue: 08. – P. 1470–1478.
8. Дьяченко, В. Г. Теория двигателей внутреннего сгорания : учебник / В. Г. Дьяченко. – Харьков : ХНАДУ, 2009. – 500 с.
9. Абрамчук, Ф. И. Повышение показателей рабочего процесса малолитражного автомобильного двигателя за счет применения четырехклапанной головки цилиндров / Ф. И. Абрамчук, С. Н. Коц, А. Е. Мерзляков // Авто-

мобильный транспорт. – 2010. – Вып. 8. – С. 38-39.

10. Сайт виробника двигунів Briggs&Stratton [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.briggsandstratton.com.
11. Дьяченко, Н. Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. / Н. Х. Дьяченко – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние). – 1974. – 552 с.
12. John, B. Heywood. Internal combustion engine fundamentals. Internal combustion engines / B. John Heywood –McGraw-Hill, Inc. – 1988. – 930 p.

References

1. Myshchenko, N. Y. (2008). Netradytsyonnye malorazmernye dvyhately vnutrenneho shoranyia [Non-traditional Small-size Internal Combustion Engines]. Donetsk: Lebed [in Russian].
2. Peterka, B. (2017). Comparison of exhaust emissions and fuel consumption of small combustion engine of portable generator operated on petrol and biobutanol. Agronomy Research, 15(S1), 1162–1169 [in English].
3. Sulaiman, M. Y. (2013). Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG. Procedia Engineering, 53, 579 – 585, [in English].
4. Khalaf I. H. (2014). An experimental study for performance and emissions of a small four-stroke si engine for modern motorcycle. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 10, 1852-1865 [in English].
5. Hitesh B. B. (2013). Experimental Investigations of Exhaust Emissions of four Stroke SI Engine by using direct injection of LPG and its analysis. International Journal of Modern Engineering Research, 3, 2600-2605 [in English].
6. Shehata M. S. (2008). Engine performance parameters and emissions reduction methods for spark ignition engine. Engineering Research Journal, 120, M32-M57 [in English].
7. Ashish D. S. (2015). Performance Testing Of 2-Stroke SI Engine by Using External Vaporized Carburetor. International Research Journal of Engineering and Technology, 02, 1470-1478 [in English].
8. Diachenko V. H. (2009). Teoriya dvyhatelei vnutrenneho shoranyia [Theory of Internal Combustion Engines]. Kharkiv: KhNADU [in Russian].
9. Abramchuk F. I. (2010). Povyshenie pokazatelei rabocheho protsessa malolytrazhnoho dvyhatelia za schet pryomeneniya chetyrekhklapannoi holovky tsylyndrov [Improving Performance Indicators of a Small Engine for Four-valve Cylinder Head Application Count] Avtomobylnyi transport, 8, 38-39 [in Russian].
10. Сайт виробника двигунів Briggs&Stratton [Engine Manufacturer Site Briggs&Stratton]. www.briggsandstratton.com. Retrieved from http://www.briggsandstratton.com [in English].
11. Diachenko N. Kh. (1974). Teoriya dvyhatelei vnutrenneho shoranyia [Theory of Internal Com-

bustion Engines] Leningrad: Mashynostroenye, [in Russian]

12. John B. Heywood. (1988). Internal combustion engine fundamentals. Internal combustion engines. McGraw-Hill, Inc, [in English].

Осетров Александр Александрович, к.т.н., доц., каф. двигунів внутрішнього згорання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +38(0 99)-795-62-68, e-mail: osetrov2010@gmail.com

Бекарюк Александр Миколайович, студ., каф. двигунів внутрішнього згорання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +38(050)-699-71-28, e-mail: a.bekariuk@gmail.com

Альохін Дмитро Сергійович, студ., каф. двигунів внутрішнього згорання, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +38(050)-396-36-88, e-mail: alyokhindima@gmail.com

Экспериментальное исследование показателей малолитражного двигателя для минитрактора

Анотация. Представлены результаты экспериментального исследования малолитражного бензинового двигателя Briggs&Stratton Vanguard. Приведена схема и описание моторного стенда. Проанализированы нагрузочные характеристики двигателя при различных частотах вращения коленчатого вала. Определены общие механические потери в двигателе. Рассмотрены возможности использования известных эмпирических зависимостей для определения среднего давления механических потерь. Предложена эмпирическая зависимость, наилучшим образом подходящая исследуемому двигателю.

Ключевые слова: механические потери, экспериментальное исследование, нагрузочная характеристика, эмпирическая зависимость.

Осетров Александр Александрович, к.т.н., доц., каф. двигателей внутреннего сгорания, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», +38(099)-795-62-68, e-mail: osetrov2010@gmail.com

Бекарюк Александр Николаевич, студ., каф. двигателей внутреннего сгорания, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +38(050)-699-71-28, e-mail: a.bekariuk@gmail.com

Алехин Дмитрий Сергеевич, студ., каф. двигателей внутреннего сгорания, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +38(050)-396-36-88, e-mail: alyokhindima@gmail.com

Experimental study indicators in small-displacement engine for compact tractor

Abstract. Problem. Engine selection for a specific type of transport vehicle, configuration and refine-

ment of mathematical models of processes, improvement of engine construction are produced based on the results of experimental researches. However, in technical literature, and even the information resources of the manufacturers it is provided very limited information about the small-displacement motors. In addition, the available data often contradict each other. Goal of the article: experimental research of fuel efficiency and toxicity of exhaust gases of the small-displacement engine Briggs & Stratton Vanguard 18HP at different loads and speeds. **Methodology.** The engine performance parameters were evaluated on the experimental set-up of the internal combustion engines department of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Characteristics of the engine on the modes with speeds 1800, 2400, 3000, 3600 rpm and loads from idle to maximum were obtained. As a result of experimental data processing it were determined volumetric efficiency and air/fuel ratios. Total friction mean effective pressure was obtained by extrapolation the plot of fuel consumption versus brake output back to zero fuel consumption. **Results.** The impact of engine load and speed on the parameters of the fuel efficiency and emissions of the engine was analyzed. It is shown that the level of motoring losses in the small-displacement engine Briggs&Stratton Vanguard 18 HP corresponds to the motoring losses in gasoline engines with greater volume and speed. The empirical equation for determining total friction mean effective pressure in the engine was proposed. It is

shown that formula proposed by V.G.Dyachenko provides satisfactory accuracy of determining total friction mean effective pressure. Originality of work consists in the proposed empirical dependence of total friction mean effective pressure from the engine speed for small-displacement engine. Practical value consists in the parameters of the small-displacement engine at operating speeds, the assessment of the applicability of the different empirical dependencies for evaluation of the motoring losses in the small-displacement engine.

Key words: mechanical losses, experimental study, load characteristics, empirical relationship

Osetrov Oleksandr Oleksandrovych, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., Dept. of Internal Combustion Engines, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", tel.: +38(0 99)-795-62-68, e-mail: osetrov2010@gmail.com

Bekariuk Oleksandr Mykolaiovych, stud., Dept. of Internal Combustion Engines, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", tel.: +38(050)-699-71-28, e-mail: lex09199509@gmail.com

Alyokhin Dmytro Serhiiiovych, stud., Dept. of Internal Combustion Engines, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", tel: +38(050)-396-36-88, e-mail: alyokhindima@gmail.com
