

О.О. Осетров, С.С. Кравченко, В.С. Яровий

ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИКЛІВ ЯК ЗАХІД ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СТАЦІОНАРНОГО ДВИГУНА 11ГД100М НА РЕЖИМАХ ЧАСТКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ХОЛОСТОГО ХОДУ

При якісному регулюванні потужності в двигунах з примусовим запалюванням на режимах часткових навантажень і холостого ходу значно погіршуються показники паливної економічності внаслідок виникнення суттєвого недогорання палива. В роботі розглянуто відключення циклів як захід покращення показників стаціонарного двигуна 11ГД100М на режимах часткових навантажень і холостого ходу. Показано, що відключення циклів дозволяє значно покращити показники двигуна за навантажувальною характеристикою. Запропоновано алгоритм відключення циклів при ступінчастому регулюванні потужності двигуна зі ступенем $(1/20) N_{e_n}$.

Вступ

Стаціонарні когенераційні установки з поршневыми двигунами внутрішнього згорання отримали поширення в Україні на мініелектростанціях, підприємствах з теплопостачання, шахтах, полігонах твердих побутових відходів, сільськогосподарських підприємствах, резервних джерелах електропостачання об'єктів комунального господарства тощо. В цих установках використовують, переважно, газові або дизельні двигуни потужністю 57 кВт-6 МВт фірм «Jenbacher» (Австрія), «Waukesha» (США), MAN (Німеччина), «Вяртсила» (Фінляндія), ВАТ «Первомайськдизельмаш» (Україна), TEDOM (Чехія), ВАТ «Волжский Дизель им. Маминых (Росія), ВАТ «Брянский машиностроительный завод» (Росія), ДП «Завод ім. Малишева (Україна) та інші. Тенденцією останніх років є збільшення виробництва саме газопоршневих двигунів завдяки відносно меншій вартості природного газу порівняно з дизельним паливом, розвиненій інфраструктурі його постачання, наявності власних витчизняних газових родовищ.

В Україні накопичений значний досвід створення та надійної експлуатації стаціонарних газових двигунів сімейства ГД100 (11ГД100, 11ГД100М, 17ГД100, 15ГД100Б, 1ГД100 та ін.). Ці двигуни завдяки оригінальній організації робочого процесу – форкамерно-факельному запалюванню збіднених і вкрай збіднених паливо-повітряних сумішей та якісному регулюванні потужності, мають високі техніко-економічні показники на режимі номінальної потужності N_{e_n} . Зокрема індикаторний та ефективний ККД двигунів досягають, відповідно, 48% і 33% [1], що є близьким до показників дизельних двигунів.

Проте на режимах часткових навантажень за $\alpha > 2-2,5$ спостерігається різке зменшення індикаторного ККД внаслідок зростання неповноти згорання. Так, при роботі двигуна 11ГД100 на режимі 50% N_{e_n} неповнота згорання досягає 20,5%, а холо-

стому ході – 45,9%. Основними причинами збільшення неповноти згорання є те, що склад розширеної паливо-повітряної суміші у циліндрі, на означених режимах, знаходиться поза межами займання суміші природного газу з повітрям (0,6-2,0), а також різке зниження температури при розширенні робочого тіла під впливом руху поршнів. Вирішенням означеної проблеми може бути збагачення паливо-повітряної суміші в циліндрі на режимах часткових навантажень і холостого ходу за рахунок відключення циліндрів та/або циклів.

Аналіз літератури

В роботах [1, 2] розглянуто ряд заходів з покращення показників двигунів ГД100 на режимах часткових навантажень. Одним з ефективних заходів може бути зменшення тиску наддувного повітря p_s . Наприклад, на режимі 25% N_{e_n} зменшення p_s з 0,126 МПа до 0,106 МПа призводить до зниження коефіцієнту надлишку повітря в циліндрі з 2,67 до 2,29 і покращення індикаторного ККД з 24,5% до 32%. Одночасно пропонується зменшувати тиск форкамерного газу і збільшувати кут випередження запалювання. Незважаючи на покращення показників двигуна неповнота згорання палива залишається високою і на режимі 25% N_{e_n} сягає 15%. Отже необхідно ще більше зниження α . Проте подальше зниження тиску наддуву призводить до значного погіршення продувки, збільшення коефіцієнту залишкових газів, і як наслідок, унеможливорює роботу двигуна.

Подібні проблеми виникають у випадку організації якісного регулювання потужності газових двигунів при використанні в якості палива водню або бензину із домішками водню [3,4]. Збільшення коефіцієнту надлишку повітря α в циліндрі на режимах малих навантажень призводить до затягування процесу згорання палива і, як наслідок, погіршення показників двигуна. В цьому випадку рекомендується від якісного регулювання потужності на режимах великих і середніх навантажень пере-

ходити до змішаного кількісно-якісного регулювання на режимах малих навантажень і холостого ходу [3,4].

Покращити показники двигуна на режимах часткових навантажень і холостого ходу можливо відключенням циліндрів або циклів [5-16]. Відключення групи циліндрів або окремих циклів дозволяє здійснити робочий процес у працюючих (невідключених) циліндрах на режимах з більшими навантаженнями, за яких ефективність роботи двигуна є найбільшою і, як наслідок, покращити паливну економічність двигуна. В якості інших позитивних ефектів відключення циліндрів відзначають зменшення зносів циліндро-поршневої групи, зменшення смолоутворення, коксування поршневих кілець і клапанів, зменшення розбавлення мастила незгорілим паливом, зниження викидів продуктів неповного згоряння, зменшення мінімальної сталої частоти обертання холостого ходу [11,12].

Цей метод інтенсивно розвивається останніми роками у зв'язку з поширенням систем автоматичного регулювання. Найбільший ефект від відключення циліндрів досягається на багаточиліндрових автомобільних двигунах із кількісним регулюванням потужності. Крім підвищення ефективності циклу в робочих (невідключених) циліндрах суттєво зменшуються насосні втрати внаслідок зменшення прикриття дросельної заслінки. Поширення отримали системи фірм Mercedes, BMW, Audi, Volkswagen, Chrysler, Jeep, Toyota, Honda та ін., що відключають певні циліндри одночасним припиненням подачі в них палива і повітря або тільки палива.

В двигунах із якісним регулюванням потужності метод відключення циліндрів або циклів отримав обмежене застосування, зокрема на тепловозних, стаціонарних, суднових двигунах великої потужності (MTU, Д49, 2Д100) і деяких тракторних двигунах (Д-108). Наприклад, на 16-ти циліндрових тепловозних дизелях Д49 і дизель-генераторах 9ДГ відключають подачу палива у восьми циліндрах (по чотири в кожному ряду), чотирьохциліндровому тракторному дизелі Д-108 – подачу палива в другий і третій циліндри. Регулювання здійснюють на режимі холостого ходу. На тепловозному дизелі 2Д100 передбачено виключення подачі палива до одного ряду паливних насосів на режимах холостого ходу і малих навантажень до п'ятого положення рукоятки контролера [13].

Аналіз даних літератури показує, що великі перспективи застосування має метод відключення окремих циклів двигуна за рахунок припинення подачі до них палива [9,12,14,15]. Послідовність відключення циклів і кількість циліндрів, що ви-

ключаються, визначається електронною системою керування залежно від потужності двигуна та інших параметрів. Порівняно з відключенням груп циліндрів метод відключення циклів дозволяє здійснити більш гнучке регулювання потужності двигуна, забезпечити рівномірний температурний стан різних циліндрів, зменшити знос деталей циліндро-поршневої групи і ступінь нерівномірності обертання колінчастого валу [14,15]. На сьогодні відсутні результати досліджень щодо ефективності застосування означеного методу для регулювання двигунів типу ГД100.

Таким чином, метою роботи є аналіз впливу відключення циліндрів (або циклів) двигуна 11ГД100М на його показники на режимах експлуатаційних навантажень.

Робочий процес двигуна 11ГД100М з відключеними циліндрами

На кафедрі двигунів внутрішнього згоряння Національного технічного університету «ХПІ» розроблено математичну модель робочого процесу газового двигуна з форкамерно-факельним запалюванням паливо-повітряної суміші та якісним регулюванням потужності. Означена модель дозволяє проводити розрахункові, оптимізаційні та інші дослідження робочого процесу двигуна при живленні двигуна паливом довільного компонентного складу [2].

Розрахунки робочого процесу двигуна 11ГД100М виконувалися за умови його роботи на 4-10 циліндрах на режимах навантажувальної характеристики з частотою обертання колінчастого валу $n=750 \text{ хв}^{-1}$. Ця частота обертання є робочою частотою генератора системи електропостачання.

При розрахунках прийнято, що механічні втрати в двигуні із відключеними циліндрами дорівнюють механічним втратам базового двигуна. Звичайно, внаслідок відключення циклів відбувається зміна температурного стану як робочих, так і відключених циліндрів, що призведе до зміни механічних втрат в парах тертя. Проте аналіз літератури показує, що основний вплив на механічні втрати здійснює швидкісний режим роботи двигуна, а вплив навантаження набагато менший [15]. Таким чином, цей фактор при розрахунках не брався до уваги.

Результати розрахунку навантажувальної характеристики двигуна представлені на рис. 1. Видно, що на режимах малих та середніх навантажень відключення частини циліндрів дозволяє суттєво покращити паливну економічність двигуна. Так, на режимі 25% від $N_{e_{ном}}$ відключення 6 циліндрів призводить до зменшення витрати палива на 56,2%. Коефіцієнт надлишку повітря α зменшується від

$\alpha=2,6$ (при роботі на 10 циліндрах) до $\alpha=2,2$ (при відключенні 6 циліндрів), при цьому повнота згоряння палива pol підвищується від 0,62 до 0,83. В результаті, спостерігається підвищення індикаторного ККД двигуна η_i на 42,3%, зменшення об'ємної G_m та питомої ефективної g_e на 54 % витрати палива.

Таким чином, показано, що відключення циліндрів є ефективним заходом покращення експлуатаційних показників газового двигуна 11ГД100М.

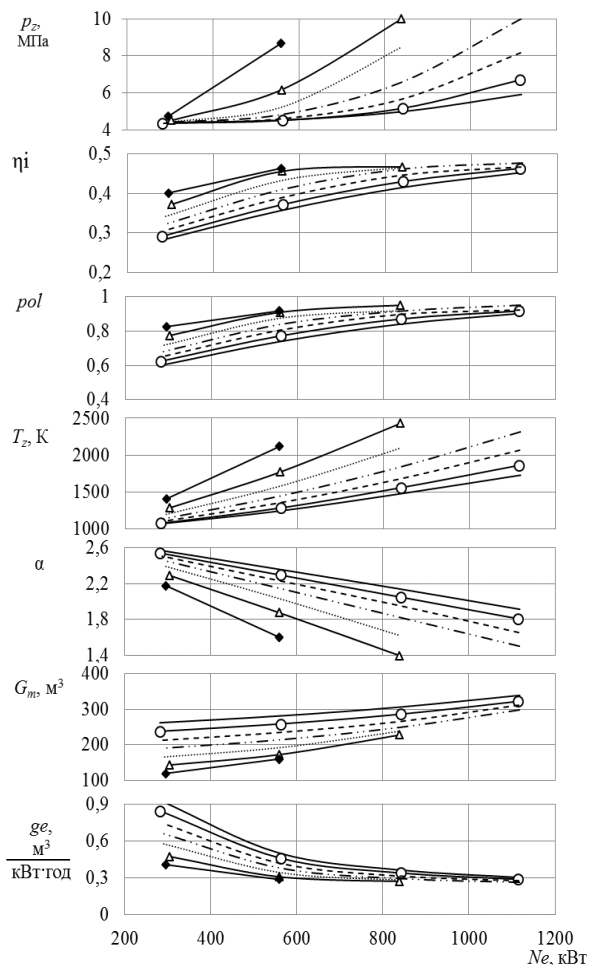


Рис. 1. Навантажувальні характеристики двигуна 11ГД100М ($n=750 \text{ хв}^{-1}$) при роботі на: — — — — — 10 циліндрах; ○ — 9 циліндрах; - - - - - 8 циліндрах; — . — . — 7 циліндрах; — 6 циліндрах; Δ — 5 циліндрах; ◆ — 4 циліндрах

Наведені на рис. 1 результати дозволяють визначити критерії, за якими доцільно відключати циліндри (або цикли) в двигуні. Видно, що найбільш повне згоряння палива відбувається на режимах з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha=1,4-2,0$. Проте робота двигуна на режимах з α менше 1,7-1,8 призводить до збільшення максимальних тисків p_z і температури T_z згоряння в робочих циліндрах порів-

няно з роботою базового двигуна на режимі максимальної потужності. Це призведе до збільшення механічних і термічних навантажень на деталі кривошипно-шатунного механізму двигуна, а отже зменшення надійності його роботи. Таким чином, прийнято, що для забезпечення ефективної та надійної роботи двигуна при відключенні циліндрів або циклів потрібно витримувати умову $\alpha=1,8-2,0$.

На рис. 2 представлено залежність кількості робочих циліндрів двигуна від ефективної потужності за умови забезпечення постійного коефіцієнту надлишку повітря в циліндрі $\alpha=1,91$. Видно, що ця залежність представляє собою лінійну функцію виду:

$$z_{\text{вкл}} = a \cdot N_e + b, \quad (1)$$

де $a = -0,009$ і $b = 9,81$ – емпіричні коефіцієнти.

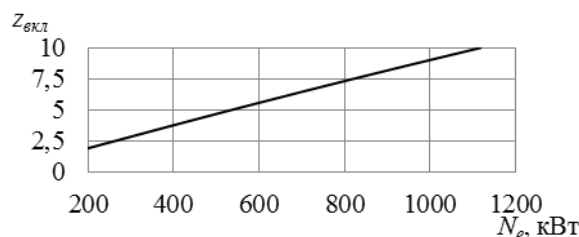


Рис. 2. Залежність кількості робочих циліндрів від ефективної потужності двигуна 11ГД100М ($n=750 \text{ хв}^{-1}$) за умови $\alpha=1,91$

Залежність (1) може бути покладена в основу створення алгоритму керування відключення циліндрів або циклів двигуна.

Розрахункова оцінка показників двигуна 11ГД100М із системою відключення циклів

Розглянемо ідеальний варіант безступінчастого регулювання потужності двигуна відключенням циклів за функцією (1). Наприклад, щоб відключити $4 \frac{2}{10}$ циліндри слід пропустити усі цикли в чоти-

рьох циліндрах і в одному циліндрі пропустити два цикли з десяти. Розрахункові навантажувальні характеристики базового двигуна і двигуна із системою відключення циклів наведені на рис. 3.

З рис. 3 видно, що означений спосіб регулювання забезпечує незмінність максимального тиску згоряння, індикаторного ККД, якості і повноти згоряння в робочих циліндрах в усьому діапазоні робочих навантажень. Порівняно з базовим двигуном відбувається суттєве покращення експлуатаційних показників двигуна. Зокрема, на режимі 50% N_{e_n} витрата палива зменшується в 1,6 рази, а на режимі 25% N_{e_n} – в 3 рази.

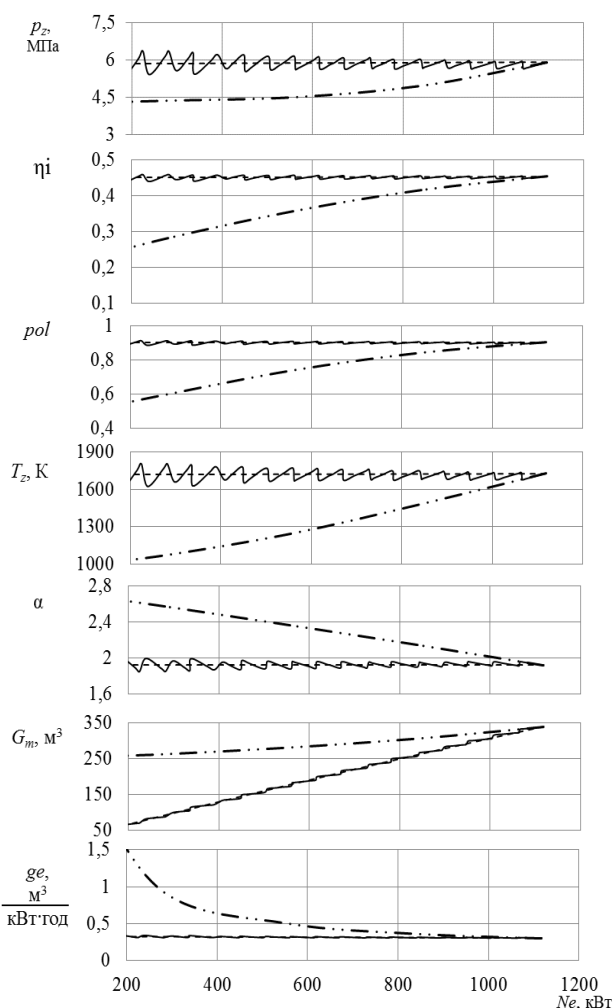


Рис. 3. Навантажувальні характеристики двигуна 11ГД100М ($n=750 \text{ хв}^{-1}$):
 — · — — без відключення циклів; - - - - безступінчасте регулювання потужності відключенням циклів; ————— ступінчасте регулювання потужності відключенням циклів

Звичайно, до безступінчастого регулювання потужності відключенням циклів можна лише наблизитися в тій, чи іншій мірі. На сьогодні різними авторами запропоновано ряд підходів до розробки алгоритмів керування відключенням циклів [14,16]. Наприклад, в роботі [14] пропонується підхід, за яким ступінь регулювання індикаторної потужності дорівнює $1/(2 \cdot z) N_i$, а порядок відключення циклів в різних циліндрах визначається виходячи із забезпечення мінімального ступеня нерівномірності обертання колінчастого валу двигуна, а також індикаторного крутного моменту.

Визначення індикаторної потужності на працюючому двигуні є складною задачею. Набагато зручніше в двигуні 11ГД100М визначати ефективну потужність Ne , що відбирається з колінчастого валу для привода генератора струму. Отже в роботі прийнято ступінь регулювання потужності, що дорівнює $(1/20) Ne_n$. Один з можливих варіантів алгоритму відключення робочих циклів для двигуна 11ГД100М, що побудований за прийнятим підходом, наведений в таблиці 1.

Навантажувальні характеристики базового двигуна і двигуна, у якому реалізовано принцип відключення циклів за пропонуваним алгоритмом показано на рис. 3 (прямі лінії). Видно, що показники двигуна є близькими до показників при безступінчастому регулюванні потужності. Проте слід відзначити, що ступінчасте регулювання призводить до стрибків якісного складу суміші і, як наслідок, максимального тиску і температури згорання. Це, в свою чергу, збільшує тривалість перехідних режимів, ускладнює регулювання частоти обертання та інших параметрів двигуна.

Незважаючи на вказані недоліки, переваги застосування відключення циклів на двигуні 11ГД100М є очевидними, що обумовлює актуальність подальших робіт в цьому напрямі.

Таблиця 1. Алгоритм відключення робочих циклів для 10 циліндрового двигуна зі ступенем регулювання $(1/20) Ne_n$

Відключена частина індикаторної потужності	Номери циліндрів у порядку їх роботи																			
	1	6	10	2	4	9	5	3	7	8	1	6	10	2	4	9	5	3	7	8
	Номери відключених циклів																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$(0/20) \cdot Ne_n$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$(1/20) \cdot Ne_n$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$(2/20) \cdot Ne_n$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$(3/20) Ne_n$	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$(4/20) Ne_n$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$(5/20) Ne_n$	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
$(6/20) \cdot Ne_n$	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
$(7/20) Ne_n$	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
$(8/20) \cdot Ne_n$	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0

Продовження табл. 1.

(9/20)·Ne _n	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
(10/20) Ne _n	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
(11/20) Ne _n	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
(12/20) Ne _n	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
(13/20) Ne _n	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
(14/20) Ne _n	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
(15/20) Ne _n	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
(16/20) Ne _n	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
(17/20) Ne _n	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
(18/20) Ne _n	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
(19/20) Ne _n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(20/20)·Ne _n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

* В таблиці позначено: «1» – відключені цикли; «0» – робочі цикли.

Висновки

1. Показано, що на режимах холостого ходу і часткових навантажень газового двигуна 11ГД100М відбувається значне погіршення його показників внаслідок зростання неповноти згоряння палива. Один з можливих шляхів вирішення цієї проблеми – відключення циліндрів або циклів на вказаних режимах.

2. Визначено показники двигуна 11ГД100М на режимах навантажувальної характеристики при відключенні від 1 до 6 циліндрів. Показано, що відключення циліндрів дозволяє суттєво покращити експлуатаційні показники двигуна.

3. Визначено емпіричну залежність потрібної кількості відключених циліндрів від потужності двигуна за умови забезпечення постійного коефіцієнту надлишку повітря в циліндрі $\alpha=1,91$. Побудовано навантажувальну характеристику двигуна при безступеневому регулюванні потужності відключенням циклів (ідеальне регулювання). Наведено переваги цього способу.

4. Запропоновано алгоритм відключення циклів при ступінчастому регулюванні потужності двигуна зі ступенем (1/20) Ne_n. Розраховано навантажувальну характеристику двигуна при відключенні циклів за цим способом. Показано, що ця характеристика є близькою до навантажувальної характеристики за безступінчастого регулювання потужності. Проте відзначено, що ступінчасте регулювання призводить до стрибків якісного складу суміші і, як наслідок, максимального тиску і температури згоряння. Це, в свою чергу, збільшує тривалість перехідних режимів, ускладнює регулювання частоти обертання та інших параметрів двигуна.

Список літератури:

1. Генкин К.И. Газовые двигатели ГД100 и агрегаты на их базе / К.И. Генкин, Д.Т. Аксенов, Б.Н. Струнге. – Ле-

нинград : Недра, 1970. – 328 с. 2. Кравченко С. С. Конвертация стационарного двигателя ГД100 для работы на низкокалорийных газовых паливах: дис. кан. техн. наук : 05.05.03 / Кравченко Сергей Сергійович. – Харків, 2015. – 169 с. 3. Генкин К.И. Газовые двигатели / К.И. Генкин. – М. : Машиностроения, 1977. – 196 с. 4. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей / А.И. Мищенко. – К. : Наукова думка, 1984. – 143 с. 5. Гутаревич Ю. Ф. Сравнение способов отключения цилиндров при регулировании мощности бензинового двигателя / Ю. Ф. Гутаревич, А. М. Редзюк // Автомобильная промышленность. – 1984. – №3. – С. 7-9. 6. Кутенёв В.Ф. Пути повышения топливной экономичности автомобильных двигателей на режимах частичных нагрузок / В.Ф. Кутенёв // Исследование, конструирование и расчёт тепловых двигателей внутреннего сгорания: Сб. науч. тр. НАМИ. – 1988. – С. 7-19. 7. Патрахальцев Н.Н. Оценка возможности повышения экономичности автомобиля регулированием рабочего объёма двигателя / Н.Н. Патрахальцев, Р.О. Камышиников, Э.А. Савастенко // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 10-12. 8. Патрахальцев Н.Н. Снижение расхода топлива и вредных выбросов дизеля на режимах малых нагрузок методом изменения его рабочего объёма / Н.Н. Патрахальцев, Т.С. Аношина, Р.О. Камышиников // Двигателестроение. – 2015. – № 1 (259). – С. 26-29. 9. Филиппов А.З. Регулирование мощности двигателя отключением отдельных рабочих циклов / А.З. Филиппов // Автомобильная промышленность. – 1983. – № 10. – С. 4-7. 10. Гутаревич Ю.Ф. Влияние метода регулирования потужності на екологічні показники та паливну економічність бензинового двигуна / Ю.Ф. Гутаревич, О.В. Сирота, С.В. Карев // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №1. – С.74-80. 11. Балабин В.Н. Регулирование транспортных двигателей отключением части цилиндров. Монография. / В.Н. Балабин. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.д. транспорте. – 2007. – 143 с. 12. Олесов И.Ю. Повышение экономических, эффективных и экологических качеств тракторного дизеля использованием метода отключения – включения цилиндров или циклов: дис. канд. техн. наук : 05.04.02 / Олесов, Игорь Юрьевич. – Москва, 1992. – 150 с. 13. Дизель Д100 / А.Г. Аврунин, В.В. Аринкин, Б.Е. Мультман, Б.Н. Струнге. – М. : «Машиностроения», 1958. – 300 с. 14. Бешун О.А. Дослідження динаміки дизельного двигуна з регулюванням потужності відключення циклів і їх перспектива / О.А. Бешун, М.А. Лях,

О.С. Дем'янюк // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – 2010. – №24. – С. 6-9. 15. Аношина Т.С. Повышение экономических и экологических качеств транспортного дизеля при работе на режимах малых нагрузок и холостых ходов: дис. канд. техн. наук : 05.04.02 / Аношина Татьяна Сергеевна. – Москва, 2014. – 121 с. 16. Гришин Д.К. Формирование регуляторных характеристик дизеля отключением рабочих циклов / Д.К. Гришин, Н.Н. Патрахальцев, М.В. Эммиль // Известия МГТУ "МАМИ". – 2013. – № 1 (м.1) – с. 67-70.

Bibliography (transliterated):

1. Genkin, K.I., Aksenov, D.T., Strunge, B.N. (1970), Gas engines GD100 and aggregates at their base [Gazovye dvigateli GD100 i agregaty na ih baze], Nedra, Leningrad, 328 p. 2. Kravchenko, S.S. (2015), Conversion of stationary engine GD100 to work on low-calorie gas fuels: dissertation [Dvigateli i jenergeticheskie ustanovki: dis. kand. tech. nauk], Kharkiv, 169 p. 3. Genkin, K.I., (1977), Gas engines [Gazovye dvigateli], Mashinostroenie, Moscow, 196 p. 4. Mishchenko, A.I. (1984) The use of hydrogen for automobile engines [Primenenie vodoroda dlja avtomobil'nyh dvigatelej], Naukova dumka, Kiev, 143 p. 5. Gutarevich, Ju. F., Redzjuk, A. M. (1984), «Comparing methods off cylinders in the regulation of the power of the petrol engine» [«Sravnienie sposobov otkljucheniya cilindrov pri regulirovanii moshhnosti benzinovogo dvigatelja»], Avtomotive Industry, No. 3, pp. 7-9. 6. Kutenjov, V.F. (1988), «Ways to improve the fuel efficiency of automobile engines on modes partial load», [«Puti povysheniya toplivnoj jekonomichnosti avtomobil'nyh dvigatelej na rezhimah chastichnyh nagruzok»], Research, design and calculation of thermal motion, motors, internal combustion: Proceedings of the NAMI, pp. 7-19. 7. Patrahal'cev, N.N., Kamyshnikov, R.O., Savastenko Je.A. (2014), «Assessing the possibility of increasing efficiency of the engine of the car control volume» [«Ocenka vozmozhnosti povysheniya jekonomichnosti avtomobilja regulirovaniem rabocheho objoma dvigatelja»], Avtomotive Indus-

try, No. 6, pp. 10-12. 8. Patrahal'cev, N.N., Anoshina, T.S., Kamyshnikov R.O., (2015), «Reduced fuel consumption and harmful emissions of diesel engines at low load conditions by changing its working volume» [«Snizhenie rashoda topliva i vrednyh vybrosov dizelja na rezhimah malyh nagruzok metodom izmeneniya ego rabocheho objoma»], Engine Building, No. 1, pp. 26-29. 9. Filippov, A.Z. (1983), «Regulation of engine power off individual cycles», [«Regulirovanie moshhnosti dvigatelja otkljucheniem otdel'nyh rabochnih ciklov»], Avtomotive Industry, No. 10, pp. 4-7. 10. Gutarevich, Ju.F., Sirota, O.V., Karev, S.V. (2015), «The impact of the method of power control in environmental performance and fuel efficiency gasoline engine» [«Vpliv metodu reguljuvannja potuzhnosti na ekologichni pokazniki ta palivnu ekonomichnist' benzinovogo dviguna»], Internal Combustion Engines, No. 1, pp. 74-80. 11. Balabin, V.N. (2007), Regulation of transport engines shutdown of the cylinder. Monograph. [Regulirovanie transportnyh dvigatelej otkljucheniem chasti cilindrov. Monografija], Training Center for Education on the railway transport, Moscow, 143 p. 12. Olesov, I.Y. (1992), Improving economic, efficient and ecological qualities of an autotractor diesel engine off using the method - the inclusion of cylinders or cycles: dissertation [teplovye dvigateli: dis. kand. tech. nauk], Moscow, 150 p. 13. Avrunin, A.G., Arinkin, V.V., Mul'man, B.E., Strunge, B.N., (1958) Diesel D100 [Dizel' D100], Mashinostroenie, Moscow, 300 p. 14. Beshun, O.A., Lyakh, M.A., Demjanjuk A.S., (2010), «The study of the dynamics of the diesel engine with adjustable power shutdown cycles and their prospect» [«Doslidzhennja dinamiki dizel'nogo dviguna z reguljuvannjam potuzhnosti vidkljuchennja cikliv i ih perspektiva»], Bulletin of Kyiv National Taras Shevchenko University, No. 24, pp. 6-9. 15. Anoshina, T.S., (2014), Increasing economic and environmental qualities of a transport diesel engine when operating at low load conditions and idle strokes: dissertation [teplovye dvigateli: dis. kand. tech. nauk], Moscow, 121 p. 16. Grishin, D.K., Patrahal'cev, N.N., Jemmil' M.V., (2013), «Formation of the regulatory characteristics of the diesel engine shutdown cycles» [«Formirovanie reguljatornyh harakteristik dizelja otkljucheniem rabochnih ciklov»], Proceedings of the MSTU "MAMI", No. 1, pp. 67-70.

Надійшла до редакції 07.07.2016 р.

Осетров Александр Александрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна. e-mail: osetrov2010@gmail.com.

Кравченко Сергій Сергійович – канд. техн. наук, молодший науковий співробітник кафедри двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, e-mail: kravc4enkoser@gmail.com.

Яровий Владислав Сергійович – магістр кафедри двигуни внутрішнього згорання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна. e-mail: bulat-sport@mail.ru.

ОТКЛЮЧЕНИЯ ЦИКЛОВ КАК МЕРОПРИЯТИЕ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАЦИОНАРНОГО ДВИГАТЕЛЯ 11ГД100М НА РЕЖИМАХ ЧАСТИЧНЫХ НАГРУЗОК И ХОЛОСТОГО ХОДА

А.А. Осетров, С.С. Кравченко, В.С. Яровой

При качественном регулировании мощности в двигателях с принудительным зажиганием на режимах частичных нагрузок и холостого хода значительно ухудшаются показатели топливной экономичности в результате существенного не догорания топлива. В работе рассмотрены отключения циклов как мероприятие по улучшению показателей стационарного двигателя 11ГД100М на режимах частичных нагрузок и холостого хода. Показано, что отключение циклов позволяет существенно улучшить показатели двигателя по нагрузочной характеристике. Предложен алгоритм отключения циклов при ступенчатом регулировании мощности двигателя со степенью (1/20) Ne_n.

DISABLE CYCLES AS A STATIONARY ENGINE IMPROVEMENT 11GD100M ON MODES OF PARTIAL LOADS AND IDLING

A. Osetrov, S. Kravchenko, V. Yaroviy

When high-quality power management in spark-ignition engines to the modes of partial loads and idling go significantly deteriorating performance fuel economy as a result of significant after-burning fuel. In the work considered disabling cycles as an exercise to improve the stationary engine 11GD100M on modes of partial loads and idling. It is shown that disabling cycles can significantly improve the performance of the engine under load characteristic. The algorithm disabling cycles step regulation of engine power with a degree (1/20) Ne_n.