



УКРАЇНА

(19) UA (11) 90955 (13) C2
(51) МПК (2009)
F01L 1/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) КУЛАЧОК МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ КЛАПАНА ВИСОКООБЕРТОВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

1

2

(21) а200813856

(22) 02.12.2008

(24) 10.06.2010

(46) 10.06.2010, Бюл.№ 11, 2010 р.

(72) МОРОЗ ВОЛОДИМИР ІЛЛІЧ, БРАТЧЕНКО
ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, АСТАХОВА КСЕНІЯ
ВІКТОРІВНА

(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗ-
НИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(56) SU 1617163, 30.12.1990

SU 1624195, 30.01.1991

RU 2059078, 27.04.1996

RU 2059837, 10.05.1996

RU 2128776, 10.04.1999

UA 54164, 17.02.2003

US 3981281, 21.09.1976

DE 4221418, 05.01.1994

EP 0936346, 18.08.1999

(57) Кулачок механізму приводу клапана високоо-
бертового двигуна внутрішнього згоряння, який

має взаємодіючий із штовхачем профіль, що скла-
дається із з'єднаних з дугою початкового кола по-
верхонь підйому та опускання, кожна з яких описує-
ється кривою прискорень штовхача, що
складається з двох сполучених ділянок, одна з
яких виконана в області додатних значень і з'єднує-
ється з відрізком, що описує додатні прискорення
штовхача на ділянці компенсації теплового зазору,
а друга виконана в області від'ємних значень, який
відрізняється тим, що ділянка, яка виконана в
області додатних значень, утворюється двома
плавно сполученими відрізками, кожен з яких
описується кривою ступеневої функції, і з'єднує-
ється з відрізком, що відповідає додатним прискорен-
ням штовхача на ділянці компенсації теплового
зазору, який описується півхвилею синусоїди, а
безперервна ділянка, яка виконана в області від-
ємних значень, на всьому протязі описується
кривою ступеневої функції.

Винахід відноситься до машинобудування, зо-
крема до двигунобудування, і може бути викорис-
таний у кулачкових механізмах приводу клапана
високооберткових двигунів внутрішнього згоряння.

Відомий кулачок механізму приводу клапана
високооберткового двигуна внутрішнього згоряння,
що має взаємодіючий із штовхачем профіль, який
складається із з'єднаних з дугою початкового кола
поверхонь підйому та опускання, форма яких
утворена сполученими дугами кіл і повністю ви-
значає переривчасту форму двох ділянок складної
кривої прискорень штовхача, перша з яких викона-
на в області додатних значень, а друга в області
від'ємних значень [Марченко А.П., Рязанцев М.К.,
Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння:
Серія підручників у 6 томах. Т. 1. Розробка кон-
струкції форсованих двигунів наземних транспорт-
них машин. - Харків: Прапор, 2004. - 384с.].

Причини, що перешкоджають одержанню очі-
куваного технічного результату полягають у насту-
пному:

- форма профілю поверхонь підйому та опу-
сання такого кулачка обумовлює наявність ударів
в механізмі газорозподілу (миттєвих змін приско-
рень деталей від 0 до початкових додатних приско-
рень, від кінцевих додатних прискорень до поча-
ткових від'ємних, від максимальних від'ємних
прискорень до 0), що відповідає суттєвим динамі-
чним навантаженням, а отже, приводить до зни-
ження надійності механізму приводу клапана та
імовірної появи відказів двигуна;

- профіль такого кулачка не має плавно сполу-
чених з поверхнями підйому та опускання ділянок
компенсації теплового зазору, тому при закритті
посадка клапану на сідло відбувається із значною
кінцевою швидкістю, що визначає інтенсивне зно-
шення як клапану, так і сідла клапану.

Найбільш близьким до об'єкта, що заявляєть-
ся, є кулачок механізму приводу клапана високоо-
бертового двигуна внутрішнього згоряння [Корче-
мний Л.В. Механизм газораспределения
двигателя: кинематика, динамика, расчет на проч-
ность. - М.: Машиностроение, 1964. - 210с. С.128-

(13) C2

(11) 90955

(19) UA

134], який має взаємодіючий із штовхачем профіль, що складається із з'єднаних з дугою початкового кола поверхонь підйому та опускання, кожна з яких описується кривою прискорень штовхача, що складається з двох сполучених ділянок, одна з яких виконана в області додатних значень і з'єднується з відрізком, що описує додатні прискорення штовхача на ділянці компенсації теплового зазору, а друга виконана в області від'ємних значень. Причому ділянка кривої прискорень штовхача, що виконана в області додатних значень, утворена півхвилею синусоїди, яка сполучається з півхвилею косинусоїди, що описує прискорення штовхача на ділянці компенсації теплового зазору, а ділянка кривої прискорень штовхача, що виконана в області від'ємних значень, утворена двома з'єднаними відрізками, один з яких описується чвертю хвилі синусоїди, а другий гілкою квадратної параболі.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату полягають у наступному:

- при досягненні високих за умовами якісного протікання газообмінних процесів в циліндрі значень час-перерізу клапана, особливо на початкових фазах його руху, внаслідок того, що в області додатних значень кривої прискорень штовхача профіль такого кулачка описується симетричною півхвилею синусоїди, в парі кулачок-штовхач виникають високі рівні контактних напружень, що обумовлює інтенсивне зношення їх контактуючих поверхонь;

- описання профілю такого кулачка кривою прискорень штовхача в області від'ємних значень двома з'єднаними відрізками, не забезпечує рівняння прискорень в точці сполучення, що обумовлює ударний характер роботи механізму і значні динамічні навантаження на деталі приводу клапана;

- в механізмі приводу клапана з таким кулачком рух штовхача на початку ділянки компенсації теплового зазору при підйомі і в кінці ділянки компенсації теплового зазору при опусканні відбувається з ударами, що також обумовлює зношення контактуючих поверхонь деталей.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення кулачка механізму приводу клапана високообертового двигуна внутрішнього згоряння, в якому шляхом завдання для описання поверхонь підйому та опускання, що плавно сполучені з ділянками компенсації теплового зазору, відповідної безперервної форми кривої прискорень штовхача в області її додатних і від'ємних значень, досягаються високі за умов якісного протікання газообмінних процесів в циліндрі значення час-перерізу клапана, особливо на початкових фазах його руху, при виконанні вимог міцності деталей і забезпеченні безударного характеру роботи механізму.

Поставлена задача вирішується тим, що в кулачку механізму приводу клапана високообертового двигуна внутрішнього згоряння, який має взаємодіючий із штовхачем профіль, що складається із з'єднаних з дугою початкового кола поверхонь підйому та опускання, кожна з яких описується кривою прискорень штовхача, що складається з

двох сполучених ділянок, одна з яких виконана в області додатних значень і з'єднується з відрізком, що описує додатні прискорення штовхача на ділянці компенсації теплового зазору, а друга виконана в області від'ємних значень, ділянка, яка виконана в області додатних значень, утворюється двома плавно сполученими відрізками, кожний з яких описується кривою ступеневої функції, і з'єднується з відрізком, що відповідає додатним прискоренням штовхача на ділянці компенсації теплового зазору, який описується півхвилею синусоїди, а безперервна ділянка, яка виконана в області від'ємних значень на всьому протязі описується кривою ступеневої функції.

Введення нових ознак при взаємодії з відомими забезпечують високий рівень показників економічності та екологічності двигуна внутрішнього згоряння за рахунок досягнення високих за умов якісного протікання газообмінних процесів в циліндрі значень час-перерізу клапана, особливо на початкових фазах його руху, при виконанні вимог міцності деталей і забезпеченні безударного характеру роботи механізму.

На Фіг.1 показаний профіль пропонованого кулачка 1, що при обертанні з кутовою швидкістю ω_K взаємодіє, наприклад, з плоским штовхачем 2, який переміщується поступально вздовж прямої 3. Такий профіль утворено дугою початкового кола $a-a'$ радіусу r_0 , яка з'єднуються двома профільними координатними кривими $a-b-c-d-e$ та $a'-b'-c'-d'-e$, що, наприклад, можуть бути симетричні, і в які входять дві ділянки компенсації теплового зазору $a-b$ і $a'-b'$; на Фіг.2 показані графіки поточних величин прискорень a_i (Фіг.2), швидкостей v_1 (Фіг.3) і висоти підйомів S_i штовхача в залежності від кута обертання кулачка φ_1 .

Кулачок механізму газорозподілу (Фіг.1) має координатні профільні поверхні підйому та опускання штовхача загальної, кожна з яких складається з ділянки компенсації теплового зазору кутової довжини Φ_{S_0} кожна із робочих ділянок кутової

довжини $\varphi_{d/2}$ кожна. Форма їх профілю повністю визначається видом кривої прискорень штовхача (Фіг.2), яка в областях додатних і від'ємних значень задається у вигляді послідовно розташованих плавно сполучених окремих відрізків кривих ступеневих функцій, причому в області додатних значень загальна довжина ділянок за кутом обертання кулачка $\varphi_1 = \Phi_{S_0} + \Phi_1 + \Phi_2$ і прискорення штовхача досягає максимального контрольованого значення a_{\max}^+ при оберті кулачка на кут $\varphi_1 = \Phi_{S_0} + \Phi_1$, в області від'ємних значень довжина ділянки за кутом обертання кулачка $\varphi_1 = \Phi_3$ і максимальний контрольований рівень від'ємного значення прискорення штовхача a_{\max}^- визначається за умовами досягнення в точці e (Фіг.1-4) максимального заданого підйому штовхача S_{\max} та нульових значень швидкостей штовхача.

Профільна поверхня підйому $a-b-c-d-e$ (Фіг.1) на першій ділянці $a-b-c-d$ ($a_i > 0$) визначається кри-

вою прискорень штовхача (Фіг.2), яка складається з напівхвилі синусоїди a-b та кривих ступеневих функцій b-c ступеню n_1 і c-d ступеню n_2 , що сполучаються в точках b і c, і мають нульові ординати в точках a, b і d, а в точці c прискорення штовхача

досягають максимального значення a_{\max}^+ , яке контролюється за умовою допустимих контактних напружень в парі кулачок 1-штовхач 2, а на другій ділянці d-e ($a_i < 0$) визначається кривою прискорень штовхача, яка відповідає ступеневій функції ступеню n_3 і характеризується нульовою ординатою в точці d і максимальним прискоренням a_{\max}^- в точці e, величина якого контролюється за умовою забезпечення потрібного коефіцієнту запасу кланних пружин за силами інерції. Також в точці контролюється забезпечення максимального заданого підйому штовхача S_{\max} і нульового значення швидкості штовхача.

При заданих для кулачка механізму приводу клапана величинах максимального підйому штовхача S_{\max} , теплового зазору S_0 , кутових довжин відрізків Φ_{S_0} , Φ_1 , Φ_2 і Φ_3 , показників ступеню ступеневих функцій n_1 , n_2 і n_3 , аналоги максимальних додатних $a_{q\max}^+ = a_{\max}^+ / \omega_K^2$ максимальних від'ємних $a_{q\max}^- = a_{\max}^- / \omega_K^2$ прискорень визначаються за формулами

$$a_{q\max}^+ = \frac{S_{\max} - S_0 \cdot \left[1 + \left(\frac{\Phi_1}{\Phi_{S_0}} \right) K_8 \right]}{K_7},$$

$$a_{q\max}^- = a_{q\max}^+ \cdot \frac{\left(\frac{\Phi_1 + K_2}{K_3} \right) + \frac{2 \cdot S_0}{\Phi_{S_0} \cdot K_3}},$$

де $K_1 \dots K_8$ - коефіцієнти, що визначаються із залежностей

$$K_1 = \Phi_1 \cdot \frac{\left(\frac{\Phi_1 + 2}{2 \cdot \left(\frac{\Phi_1 + 1}{\Phi_1} \right)} \right)}{2 \cdot \left(\frac{\Phi_1 + 1}{\Phi_1} \right)}; K_2 = \Phi_2 \cdot \frac{n_2}{\left(\frac{\Phi_2 + 1}{\Phi_2} \right)}; K_3 = \Phi_3 \cdot \frac{\left(\frac{\Phi_3 + 2}{2 \cdot \left(\frac{\Phi_3 + 1}{\Phi_3} \right)} \right)}{2 \cdot \left(\frac{\Phi_3 + 1}{\Phi_3} \right)}$$

$$K_4 = \frac{\Phi_1^2 \cdot \left[1 - \left(\frac{\Phi_1 + 1}{\Phi_1} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_1 + 2}{\Phi_1} \right) \cdot n_1 \right]}{6 \cdot \left(1 - n_1^2 \right) \cdot \left(\frac{\Phi_1 + 2}{\Phi_1} \right)},$$

$$K_5 = \frac{\Phi_2^2 \cdot \left[\left(\frac{\Phi_2 + 1}{\Phi_2} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_2 + 2}{\Phi_2} \right) \cdot 2 \right]}{2 \cdot \left(\frac{\Phi_2 + 1}{\Phi_2} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_2 + 2}{\Phi_2} \right)},$$

$$K_6 = \frac{\Phi_3^2 \cdot \left[\left(\frac{\Phi_3 + 1}{\Phi_3} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_3 + 2}{\Phi_3} \right) \cdot n_3 - 6 \right]}{6 \cdot \left(1 - n_3^2 \right) \cdot \left(\frac{\Phi_3 + 2}{\Phi_3} \right)},$$

$$K_7 = \frac{\left(\frac{\Phi_1 + K_2}{K_3} \right) K_6 + K_4 + K_5 \cdot \Phi_2 + \left(\frac{\Phi_1 + K_2}{K_3} \right) \Phi_3};$$

$$K_8 = \frac{K_6}{K_3} + \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$$

Відповідно до описаної за окремими ділянками форми кривої прискорень штовхача за кутом обертання кулачка, її параметрів і визначених величин аналогів максимальних додатних $a_{q\max}^+$ і від'ємних $a_{q\max}^-$ прискорень, поточні значення аналогів прискорень $a_{qi} = d^2 S_i / d\varphi_i^2$ і прискорень a_i аналогів швидкості $v_{qi} = dS_i / d\varphi_i$ і швидкості v_i ,

а також висоти підйому S_i - штовхача, визначаються за наведеними нижче формулами.

Ділянка компенсації теплового зазору a-b:

$$0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{S_0}$$

$$a_{qi} = \frac{S_0 \cdot \pi}{\Phi_{S_0}^2} \sin \left(\frac{\pi}{\Phi_{S_0}} \varphi_i \right),$$

$$v_{qi} = \frac{S_0}{\Phi_{S_0}} \left[1 - \cos \left(\frac{\pi}{\Phi_{S_0}} \varphi_i \right) \right],$$

$$S_i = \frac{S_0}{\Phi_{S_0}} \left[\varphi_i - \sin \left(\frac{\pi}{\Phi_{S_0}} \varphi_i \right) \right],$$

Ділянка b-c: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_1$

$$a_{qi} = A_1 \cdot \varphi_i^{n_1} + B_1 \cdot \varphi_i;$$

$$v_{qi} = \frac{A_1}{\left(\frac{\Phi_1 + 1}{\Phi_1} \right)} \cdot \varphi_i^{n_1 + 1} + 0,5 \cdot B_1 \cdot \varphi_i^2 + v_{q0};$$

$$S_i = \frac{A_1}{\left(\frac{\Phi_1 + 1}{\Phi_1} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_1 + 2}{\Phi_1} \right)} \cdot \varphi_i^{n_1 + 2} + \frac{B_1}{6} \cdot \varphi_i^3 + v_{q0} \cdot \varphi_i + S_0;$$

де коефіцієнт

$$A_1 = \frac{a_{q\max}^+}{\Phi_1^{n_1} \cdot \left(\frac{\Phi_1 - n_1}{\Phi_1} \right)}, B_1 = - \frac{a_{q\max}^+ \cdot n_1}{\Phi_1 \cdot \left(\frac{\Phi_1 - n_1}{\Phi_1} \right)}$$

Ділянка c-d: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_2$

$$a_{qi} = A_2 \varphi_i^{n_2} + C_2;$$

$$v_{qi} = \frac{A_2}{\left(\frac{\Phi_2 + 1}{\Phi_2} \right)} \cdot \varphi_i^{n_2 + 1} + C_2 \cdot \varphi_i + v_{q1E};$$

$$S_i = \frac{A_2}{\left(\frac{\Phi_2 + 1}{\Phi_2} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_2 + 2}{\Phi_2} \right)} \cdot \varphi_i^{n_2 + 2} + \frac{C_2}{2} \cdot \varphi_i^2 + v_{q1E} \cdot \varphi_i + S_{1E};$$

де коефіцієнти $A_2 = \frac{a_{q\max}^+}{\Phi_2^{n_2}}$; $C_2 = a_{q\max}^+$

Ділянка d-e: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_3$

$$a_{qi} = A_3 \varphi_i^{n_3} + B_3 \cdot \varphi_i;$$

$$v_{qi} = \frac{A_3}{\left(\frac{\Phi_3 + 1}{\Phi_3} \right)} \cdot \varphi_i^{n_3 + 1} + \frac{B_3}{2} \cdot \varphi_i^2 + v_{q3E};$$

$$S_i = \frac{A_3}{\left(\frac{\Phi_3 + 1}{\Phi_3} \right) \cdot \left(\frac{\Phi_3 + 2}{\Phi_3} \right)} \cdot \varphi_i^{n_3 + 2} + \frac{B_3}{6} \cdot \varphi_i^3 + v_{q3E} \cdot \varphi_i + S_{3E};$$

де коефіцієнти

$$A_3 = - \frac{a_{q\max}^-}{\left(\frac{\Phi_3 - n_3}{\Phi_3} \right) \cdot \Phi_3^{n_3}}; B_3 = \frac{a_{q\max}^- \cdot n_3}{\left(\frac{\Phi_3 - n_3}{\Phi_3} \right) \cdot \Phi_3}$$

В представлених формулах постійні інтегрування S_{1E} , S_{2E} , S_{3E} , v_{q0} , v_{q1E} , v_{q2E} , v_{q3E} визначаються за умов плавного сполучення ділянок профілю кулачка, тобто рівняння підйомів S штовхача, а також першої v_q та другої a_q похідної за кутом обертання кулачка в точках сполучення окремих кривих на ділянках.

Зв'язок між поточними величинами аналогів прискорень a_{qi} і дійсними значеннями прискорень штовхача a_i , а також поточними величинами ана-

