

Винахід відносяться до машинобудування та може бути використаний у кулачкових механізмах газорозподілу з роликковими штовхачами середньо-оберткових двигунів внутрішнього згоряння.

Відомий кулачок механізму газорозподілу з поверхнею підйому та опускання, утворений двома прямими та сполученими з ними дугами кіл [Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчёт на прочность поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко и др.; Под. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова - 4-е изд., перераб. И доп. - М: Машиностроение, 1984. - С. 259 - 272, ил.].

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

даний кулачок не дозволяє досягнути граничного значення часу-перерізу клапанів при всіх заданих обмеженнях;

цей кулачок обумовлює наявність миттєвих змін прискорень (від 0 до початкових додатних прискорень, від максимальних додатних прискорень до початкових від'ємних, від максимальних від'ємних прискорень до 0), що характеризується значними динамічними навантаженнями, а отже, зниженням надійності та можливими відказами у механізмі приводу клапанів при його роботі;

при закритті клапан сідає на сідло зі значною кінцевою швидкістю, що впливає на інтенсивне зношення деталей.

Найбільш близьким до об'єкта, що заявляється є кулачок механізму газорозподілу [А.С. №1740710 SU, F 01 L 1/08, 20.11.1989, опубл. 15.06.1992. Бюл №22.], який має робочу частину утворену двома ділянками, які описуються кривою другої похідної підйому штовхача, причому перша ділянка виконана в області додатних значень і утворена трьома відрізками, перший та третій з котрих виконані у вигляді похилих прямих, а другий - у вигляді квадратної параболи з мінімальною ординатою на початку відрізка та максимальною в кінці. Друга ділянка виконана в області від'ємних значень і утворена трьома відрізками, виконаними у вигляді сполучених відрізком похилої прямої двох гілок квадратних парабол.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату полягають у наступному: наявність розривів третьої похідної підйомів в точках сполучення окремих ділянок поверхонь підйому та опускання штовхача в кулачкових механізмах приводу клапанів із значними масами деталей приводять до значних динамічних навантажень, тобто до зниження надійності механізму газорозподілу при його роботі, а також в механізмах з таким кулачком клапани починають рухатися з ударами та сідають на сідло з значними кінцевими швидкостями, що впливає на інтенсивне зношення деталей.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення кулачка механізму газорозподілу, в якому шляхом забезпечення на всьому протязі робочої частини безрозривності третьої похідної підйомів штовхача та введення плавно сполученої з робочою частиною ділянки компенсації теплового зазору досягається безударна робота механізму газорозподілу і припустимі значення швидкості посадки клапанів на сідло.

Поставлена задача вирішується тим, що в кулачку механізму газорозподілу, який має робочу частину утворену двома ділянками, які в свою чергу описуються кривою другої похідної підйому штовхача, причому перша ділянка виконана в області додатних значень і утворена трьома відрізками, перший та третій з котрих виконані у вигляді похилих прямих, а другий - у вигляді квадратної параболи з мінімальною ординатою на початку відрізка та максимальною в кінці. Друга ділянка виконана в області від'ємних значень і утворена трьома відрізками, виконаними у вигляді сполучених відрізком похилої прямої двох гілок квадратних парабол, у котрому згідно з винаходом вводяться дві плавно сполучені з робочою частиною ділянки компенсації теплового зазору, а відрізки закону зміни другої похідної в областях додатних і від'ємних значень виконані у вигляді кривих ступеневих функцій з безрозривністю третьої похідної підйомів (пульсу) на всьому протязі обох ділянок.

Введення нових ознак при взаємодії з відомими забезпечують безударну роботу механізму газорозподілу і припустимі значення швидкості посадки клапанів на сідло за рахунок плавного сполучення робочого профілю кулачка, який визначається кривою другої похідної підйому штовхача з безрозривністю пульсу, з ділянками компенсації теплового зазору, які визначаються підхвилею синусоїди другої похідної підйому штовхача при максимально можливих величинах часу-перерізу клапанів і виконанні вимог технологічності та міцності стосовно заданих найбільших рівнів другої похідної підйомів штовхача.

На фіг.1 показаний контур пропонованого кулачка, який утворено дугою кола потиличної частини (1-1') радіусу  $R_0$ , дугою кола (8-8') при вершині радіусу  $R_{вв}$ , які з'єднуються двома профільними координатними кривими (1-2-3-4-5-6-7-8) та (1'-2'-3'-4'-5'-6'-7'-8'), які, наприклад, можуть бути симетричні і в які входять дві ділянки компенсації теплового зазору (1-2) і (1'-2'); на фіг.2 - 4 показані графіки висоти підйомів  $S$  штовхача, а також першої  $V_q$  та другої  $a_q$  похідної за кутом обертання кулачка.

Кулачок механізму газорозподілу має координатні поверхні підйому та опускання, які складаються з двох ділянок компенсації теплового зазору і робочих ділянок. В областях додатних і від'ємних значень вони визначаються другою похідною підйомів штовхача за кутом обертання кулачка у вигляді окремих кривих ступеневих функцій з безперервністю третьої похідної в точках сполучення окремих кривих, причому в області додатних значень довжина ділянок за кутом обертання кулачка і рівні другої похідної підйомів задаються з урахуванням відповідних вимог і обмежень, а довжина ділянки в області від'ємних значень і максимальний рівень від'ємного значення другої похідної підйомів штовхача визначаються за умовами досягнення за певний кут обертання кулачку максимального заданого підйому штовхача та нульових значень першої та другої похідних підйому штовхача за кутом обертання кулачка. Профільна поверхня підйому (1-2-3-4-5-6-7-8) (фіг.1) на першій ділянці (1-2-3-4-5) ( $a_q > 0$ ) визначається кривою другої похідної підйомів штовхача за кутом обертання кулачка (фіг.2 - 4) яка складається з напівхвилі синусоїди та кривих ступеневих функцій (2-3, 3-4, 4-5), що сполучаються в точках (2, 3, 4, 5) і мають ординати в точці (2)  $a_q = 0$ , в точці (3)  $a_q = x_1$  за умови мінімального радіусу кривизни ввігнутого профілю, в точці (4)  $a_q = x_1 \cdot m_1$  за умови мінімального радіусу кривизни ввігнутого профілю та припустимих контактних напружень, на ділянці (4-5)  $a_q = x_1 \cdot m_2$  за умови припустимих контактних напружень в точці (5)  $a_q = 0$ , а на другій ділянці ( $a_q < 0$ ) (5-6-7-8) визначається кривою другої похідної підйомів штовхача за кутом обертання кулачка з нульовими ординатами на початку і в кінці ділянки (точки 5, 8), яка складається зі сполучених кривих ступеневих функцій в точках (6, 7) і ординатах в точках (6, 7) та на ділянці (7-8) відповідно  $a_q = x_2$ ,  $a_q = x_2 \cdot k_1$ ,  $a_q = x_2 \cdot k_2$ ,

кожна з яких визначається за умов забезпечення потрібного коефіцієнту запасу клапанних пружин за силами інерції при забезпеченні на всій ділянці (1-2-3-4-5-6-7-8) відсутності розривів третьої похідної за кутом обертання кулачка.

Поточні значення показань висоти підйомів  $S$  штовхача, а також першої  $V_q$  та другої  $a_q$  похідної за кутом обертання кулачка визначаються за формулами

Ділянка 1-2:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_0$

$$a_{q_0} = B_0 \sin(k\varphi);$$

$$V_{q_0} = \left[ \frac{B_0}{A_0} (1 - \cos(k\varphi)) \right];$$

$$S_0 = \frac{B_0}{A_0} \left( \varphi - \frac{1}{k} \sin(k\varphi) \right);$$

$$A_0 = \frac{\pi}{\Phi_0}; B_0 = \frac{S_{0 \max} A_0}{\Phi_0}.$$

Ділянка 2-3:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_1$

$$a_{q_1} = A_1 \varphi^3 + B_1 \varphi^2 + C_1 \varphi;$$

$$V_{q_1} = \frac{A_1}{4} \varphi^4 + \frac{B_1}{3} \varphi^3 + \frac{C_1}{2} \varphi^2 + V_{q_0};$$

$$S_1 = \frac{A_1}{20} \varphi^5 + \frac{B_1}{12} \varphi^4 + \frac{C_1}{6} \varphi^3 + V_{q_0} \varphi + S_0;$$

$$A_1 = -\frac{B_1}{3\Phi_1}; B_1 = -3 \frac{\ddot{x}_1}{\Phi_1^2}; C_1 = 3 \frac{\ddot{x}_1}{\Phi_1};$$

$$A_1 = \frac{\ddot{x}_1}{\Phi_1^3}.$$

Ділянка 3-4:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_2$

$$a_{q_2} = A_2 \varphi^3 + C_2;$$

$$V_{q_2} = \frac{A_2}{4} \varphi^4 + C_2 \varphi + V_{q_1};$$

$$S_2 = \frac{A_2}{20} \varphi^5 + \frac{C_2}{2} \varphi^2 + V_{q_1} \varphi + S_1;$$

$$A_2 = \frac{\ddot{x}_1(m_1 - 1)}{\Phi_2^3}; C_2 = \ddot{x}_1.$$

Ділянка 4-5:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_1$

$$a_{q_3} = A_3 \varphi^2 + B_3 \varphi + C_2;$$

$$V_{q_3} = \frac{A_3}{3} \varphi^3 + \frac{B_3}{2} \varphi^2 + C_3 \varphi + V_{q_2};$$

$$S_3 = \frac{A_3}{12} \varphi^4 + \frac{B_3}{16} \varphi^3 + \frac{C_3}{2} \varphi^2 + V_{q_2} \varphi + S_2;$$

$$A_3 = -\frac{B_3^2}{4\ddot{x}_1(m_2 - m_1)};$$

$$B_3 = \frac{2\ddot{x}_1(m_2 - m_1) \left[ 1 + \sqrt{\frac{m_2}{m_2 - m_1}} \right]}{\Phi_1}, \text{ де } m_2 > m_1;$$

$$C_3 = \ddot{x}_1 m_1.$$

Ділянка 5-6:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_3$

$$a_{q_4} = A_4 \varphi^3 + B_4 \varphi^2 + C_4 \varphi;$$

$$V_{q_4} = \frac{A_4}{4} \varphi^4 + \frac{B_4}{3} \varphi^3 + \frac{C_4}{2} \varphi^2 + V_{q_3};$$

$$S_4 = \frac{A_4}{20} \varphi^5 + \frac{B_4}{12} \varphi^4 + \frac{C_4}{6} \varphi^3 + V_{q_3} \varphi + S_3;$$

$$A_4 = -\frac{B_4}{3\Phi_3}; B_4 = \frac{3\ddot{x}_2}{\Phi_3^2}; C_4 = \frac{3\ddot{x}_2}{\Phi_3};$$

$$A_4 = -\frac{\ddot{x}_2}{\Phi_3^3}.$$

Ділянка 6-7:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_4$

$$a_{q_5} = A_5 \varphi^3 + C_5;$$

$$V_{q_5} = \frac{A_5}{4} \varphi^4 + C_5 \varphi + V_{q_{4B}};$$

$$S_5 = \frac{A_5}{20} \varphi^5 + \frac{C_5}{2} \varphi^2 + V_{q_{4B}} \varphi + S_{4B};$$

$$A_5 = \frac{\ddot{x}_2(k_1 - 1)}{\Phi_4^3}; C_5 = -\ddot{x}_2.$$

Ділянка 7-8:  $0 \leq \varphi \leq \Phi_3$

$$a_{q_6} = A_6 \varphi^2 + B_6 \varphi + C_6;$$

$$V_{q_6} = \frac{A_6}{3} \varphi^3 + \frac{B_6}{2} \varphi^2 + C_6 \varphi + V_{q_{5B}};$$

$$S_6 = \frac{A_6}{12} \varphi^4 + \frac{B_6}{6} \varphi^3 + \frac{C_6}{2} \varphi^2 + V_{q_{5B}} \varphi + S_{5B};$$

$$A_6 = -\frac{B_6^2}{4\ddot{x}_2(k_2 - k_1)};$$

$$B_6 = \frac{-2\ddot{x}_2(k_2 - k_1) \left[ 1 + \sqrt{\frac{k_2}{k_2 - k_1}} \right]}{\Phi_3};$$

$$C_6 = -\ddot{x}_2 k_1;$$

де  $k_2 > k_1$ .

В представлених формулах постійні інтегрування  $S_0, S_{1E}, S_{2E}, S_{3E}, S_{4E}, S_{5E}, V_{q0}, V_{q1E}, V_{q2E}, V_{q3E}, V_{q4E}, V_{q5E}$ , 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.

Пропонований кулачок працює таким чином. При обертанні кулачка штовхач (на фіг.2 не показаний) контактуючи з потиличною частиною за дугою (1-1') залишається нерухомим. При набіганні кулачка на штовхач останній починає рухатися, причому впродовж ділянки (1-2) при вибранні встановленого теплового зазору друга похідна підйомів штовхача за кутом обертання кулачка  $a_q$  на початку та наприкінці ділянки дорівнює 0, на ділянці (2-3) - змінюється від 0 до  $x_1''$ , на ділянці (3-4) - від  $x_1''$  до  $x_1''m_1$ , на ділянці (4-5) - від  $x_1''m_1$  до 0 приймаючи на ділянці максимальне припустиме додатне значення  $x_1''m_2$ , на ділянці (5-6) - змінюється від  $x_2''$  до 0, на ділянці (6-7) - змінюється від  $x_2''$  до  $x_2''k_1$ , на ділянці (7-8) - змінюється від  $x_2''k_1$  до 0 приймаючи на ділянці максимальне припустиме від'ємне значення  $x_2''k_1$ . В кінці ділянки (7-8) (саме в точці 8) штовхач досягає заданого максимального переміщення  $S_{max}$ , а перша  $V_q$  і друга  $a_q$  похідні за кутом обертання кулачка дорівнюють 0 (фіг.2 - 4).

При контакті штовхача з профілем кулачка за дугою (8-9-8') (ділянка верхнього вистою) штовхач залишається нерухомим.

При контакті штовхача з поверхнею опускання (8'-7'-6'-5'-4'-3'-2'-1'), яка симетрична поверхні підйому (1-2-3-4-5-6-7-8), рух штовхача здійснюється в зворотній послідовності.

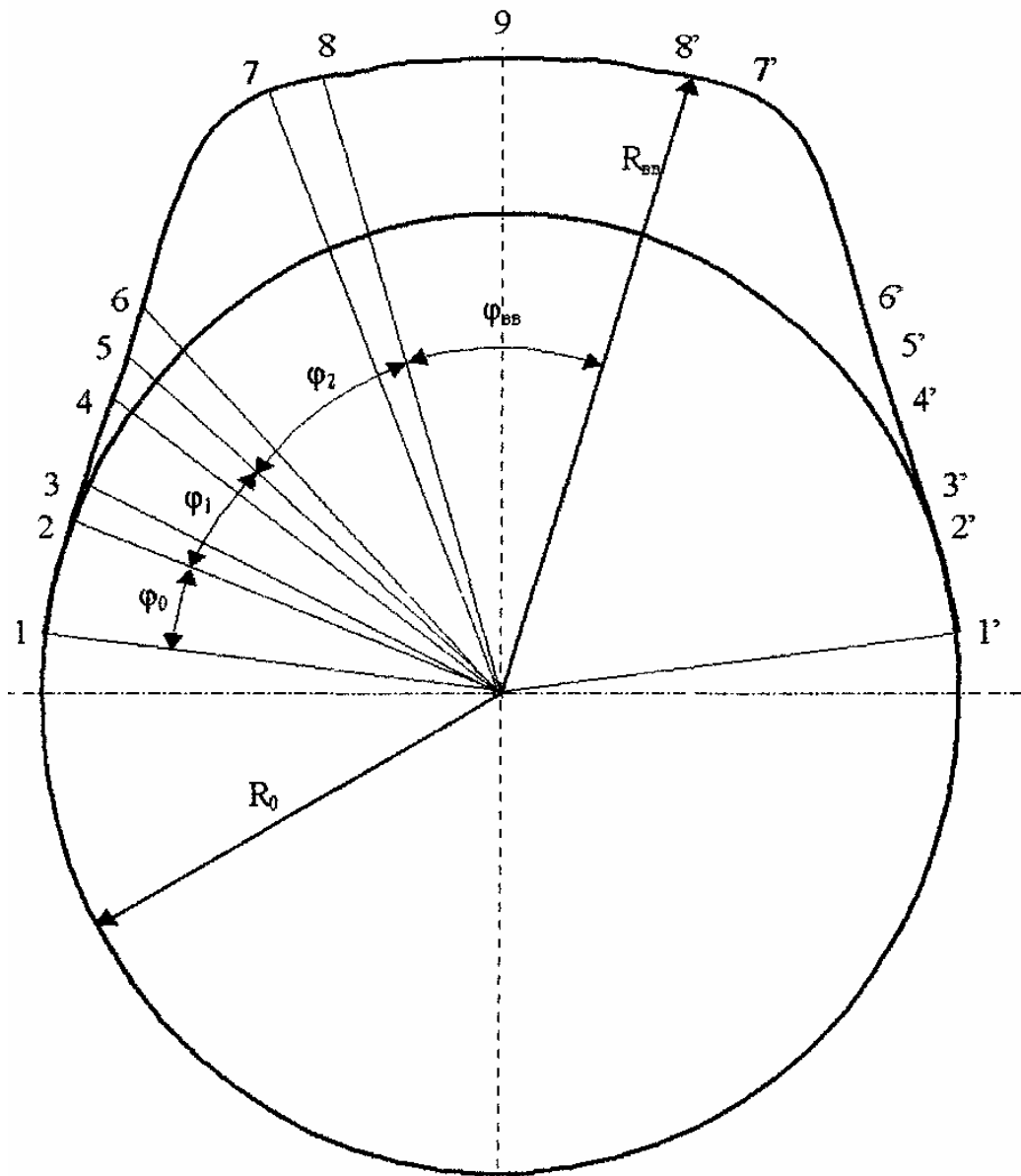


Fig. 1

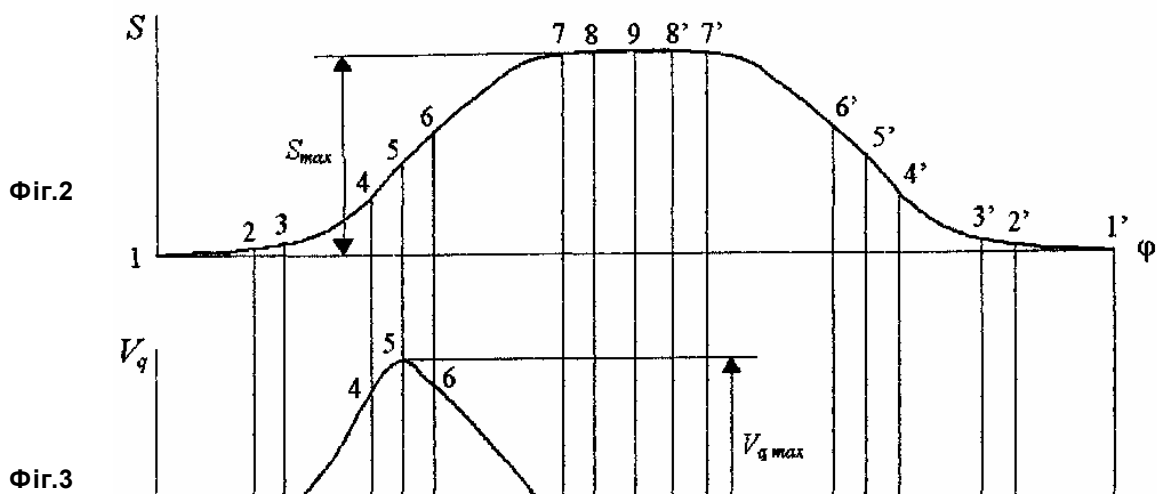


Fig. 2

Fig. 3

**Φir.4**