



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38779 (13) U
(51) МПК (2006)
F01L 1/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КУЛАЧОК МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ

1

2

(21) а200501612

(22) 21.02.2005

(24) 12.01.2009

(46) 12.01.2009, Бюл.№ 1, 2009 р.

(72) МОРОЗ ВОЛОДИМИР ІЛЛІЧ, UA, БРАТЧЕНКО ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ЛОГВІНЕНКО ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, БЕСПАЛИЙ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ, UA

(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, UA

(57) Кулачок механізму газорозподілу, який має робочу частину, утворену двома ділянками, що описуються кривою другої похідної переміщення штовхача, причому перша ділянка виконана в області додатних значень і утворена трьома відрі-

ками, виконаними у вигляді послідовно сполучених кривих ступеневих функцій, а друга ділянка виконана в області від'ємних значень і утворена трьома відрізками, виконаними у вигляді послідовно сполучених ступеневих функцій, який **відрізняється** тим, що на ділянці додатних значень другої похідної переміщення штовхача для другого відрізка в будь-якій точці за його заданою довжиною забезпечується рівняння розрахункового радіуса кривизни увігнутої профільної поверхні кулачка прийнятому граничному значенню, а довжина третього відрізка забезпечує в кінці відрізка рівняння розрахункового кута тиску прийнятому граничному значенню.

Корисна модель відноситься до машинобудування та може бути використаний у кулачкових механізмах газорозподілу з роликовими штовхачами середньооберткових двигунів внутрішнього згоряння.

Відомий ефективний за величиною часу перерізу клапанів кулачок механізму газорозподілу з профільними поверхнями підйому та опускання, що утворені сполученими між собою випуклими відносно центру обертання кулачка дугами окружностей та увігнутою дугою окружності, мінімальний радіус якої визначається з урахуванням технологічних обмежень за радіусом шліфувального інструменту [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 обумовлює: наявність миттєвих змін прискорень деталей (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 мож-

ливими відказами у механізмі газорозподілу при його роботі;

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

Найбільш близьким до об'єкта, що заявляється є кулачок механізму газорозподілу [Пат. 54164А Україна, МПК 7 F01L 1/08. Кулачок механізму газорозподілу. Опубл. 17.02.2003, Бюл. №2. - 5с.] з відрізками компенсації теплового зазору, плавно сполученими з координатними профільними поверхнями підйому та опускання змінних радіусів кривизни, кожна з яких утворена двома ділянками, що описуються кривою другої похідної підйому штовхача, причому перша ділянка виконана в області додатних значень, і утворена трьома відрізками заданої довжини, виконаними у вигляді послідовно сполучених кривих ступеневих функцій, а друга ділянка виконана в області від'ємних значень і утворена трьома відрізками, виконаними у вигляді послідовно сполучених кривих ступеневих функцій з завданням довжин першого та другого відрізків і визначенням довжини другого відрізка за урахуванням умов на проектування всього механізму. Причому частина профільної поверхні, що відповідає першій ділянці має увігнутий характер відносно центру обертання кулачка, а частина, що відповідає другій ділянці має випуклий характер

(13) U

(11) 38779

(19) UA

профільної поверхні відносно центру обертання кулачка.

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

- відповідно до описання другої похідної підйому штовхача в області додатних значень на протязі другого відрізка кривою ступеневої функції увігнута частина профільної поверхні має змінні радіуси кривизни, які суттєво збільшуються за профільною поверхнею, починаючи від мінімального обмежувального значення, встановленого з урахуванням технологічних обмежень, що визначає суттєві втрати за часом-перерізом клапанів у порівнянні з увігнутою ділянкою профільної поверхні постійного радіусу кривизни;

- подовження ділянки додатних значень другої похідної підйому штовхача для збільшення часу-перерізу клапанів приводить до перевищення граничних значень кута тиску в кулачковому механізмі, що визначає суттєве підвищення сил тертя в парі штовхач-напрямна.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення кулачка механізму газорозподілу, в якому шляхом забезпечення на всьому протязі другого відрізка ділянки додатних значень другої похідної підйомів штовхача постійного радіусу кривизни встановленої граничної величини для увігнутої робочої частини профілю, а також забезпечення в кінці третього відрізка встановленої граничної величини кута тиску досягається гранична величина часу-перерізу клапанів механізму газорозподілу при виконанні умов за мінімальним радіусом кривизни увігнутої ділянки профілю кулачка і максимальним кутом тиску в кулачковому механізмі, поточні значення яких за кутом обертання кулачка є функцією переміщення штовхача і першої та другої його похідних.

Поставлена задача вирішується тим, що в кулачку механізму газорозподілу, який має робочу частину, утворену двома ділянками, що описуються кривою другої похідної підйому штовхача, причому перша ділянка виконана в області додатних значень і утворена трьома відрізками, перший з яких при заданій довжині за кутом обертання кулачка описаний кривою ступеневої функції і в кінці його забезпечується рівняння розрахункового радіуса кривизни прийнятому граничному значенню, для другого відрізка в будь-якій точці за його заданою довжиною забезпечується рівняння розрахункового радіуса кривизни прийнятому граничному значенню при описанні на кожному кроці розрахунків другої похідної кривою ступеневої функції, третій відрізок описаний кривою ступеневої функції з нульовим значенням другої похідної підйому штовхача в кінці відрізка, довжина якого визначається за умов рівняння розрахункового кута тиску прийнятому граничному значенню в кінці відрізка Друга ділянка виконана в області від'ємних значень і утворена трьома відрізками, виконаними у вигляді сполучених кривих ступеневих функцій при безрозривності третьої похідної підйомів (пульсу) на всьому протязі обох ділянок.

Введення нових ознак при взаємодії з відомими забезпечують досягнення граничної величини

часу-перерізу клапанів механізму газорозподілу при виконанні обмежень за граничним (мінімальним) радіусом кривизни увігнутої ділянки профілю кулачка і граничним (максимальним) кутом тиску в кулачковому механізмі, поточні значення яких за кутом обертання кулачка є функцією переміщення штовхача і першої та другої його похідних.

На Фіг.1 показаний контур пропонованого кулачка, який утворено дугою кола потиличної частини (1-1') радіусу R_0 , дугою кола (8-9-8') при вершині радіусу $R_{вв}$, які з'єднуються двома профільними кривими (1-2-3-4-5-6-7-8) та (1'-2'-3'-4'-5'-6'-7'-8'), яка, наприклад, можуть бути симетричні і мають увігнуті ділянки (3-4 і 3'-4') дугою кола R_1 встановленого граничного значення: на Фіг.2-4 показані графіки переміщення s штовхача, а також першої та другої його похідних за кутом

обертання кулачка - $v_q = ds/d\varphi$; $a_q = d^2s/d\varphi^2$.

Кулачок механізму газорозподілу має поверхні підйому та опускання, які складаються з двох ділянок компенсації теплового зазору і робочих профільних поверхонь. Вони визначаються другою похідною переміщення штовхача за кутом обертання кулачка на ділянках додатних і від'ємних значень у вигляді відрізків, описаних кривими ступеневих функцій з безперервністю третьої похідної в точках сполучення окремих кривих, причому на ділянці додатних значень довжина відрізків за кутом обертання кулачка і рівні другої похідної переміщення задаються з урахуванням відповідних вимог і обмежень, а довжина ділянки від'ємних значень і максимальний рівень від'ємного значення другої похідної переміщення штовхача визначаються за умовами досягнення за певний кут обертання кулачку максимального заданого переміщення штовхача та нульових значень першої та другої його похідних за кутом обертання кулачка при контролі виконання певних вимог до роботи механізму газорозподілу. Профільна поверхня підйому (1-2-3-4-5-6-7-8) (Фіг.1) на першій ділянці (1-2-3-4-5) визначається сукупністю сполучених в точках (2, 3, 4) відрізків кривих в області додатних значень другої похідної переміщення штовхача за кутом обертання кулачка (Фіг.4) і складається з півхвилі синусоїди (1-2) при довжині ділянки Φ_{12} , кривої ступеневої функції (2-3) при заданій довжині відрізка Φ_{23} і

ординатах точок (2) $a_q = a_{q2} = 0$ і (3) $a_q = a_{q3}$ за умови рівняння розрахункового радіуса кривизни увігнутої частини профілю $R_{кр}(s, v_q, a_q) = R_1$, сукупністю послідовно сполучених кривих ступеневих функцій за відрізком 3-4 заданої довжини Φ_{34} з ординатою точки (4) a_{q4} при виконанні в кожній точці сполучення умови $R_{кр}(s_i, v_{qi}, a_{qi}) = R_1$ рахунок підбору ординат точок, кривої ступеневої функції (4-5) з ординатою точки (5) $a_q = a_{q5} = 0$ при підборі довжини відрізка Φ_{45} за умов рівняння розрахункового кута тиску в точці (5) встановле-

ному граничному значенню $\beta(s, v_q, a_q) = \beta_{\max}$, а на другій ділянці (5-6-7-8) визначається кривою другої похідної підйомів штовхача за кутом обертання кулачка у від'ємній області з нульовими ординатами на початку і в кінці ділянки (точки 5, 8), яка складається зі сполучених в точках (5, 6, 7, 8) описаних кривими ступеневих функцій відрізків (5-6)

при заданій довжині відрізка Φ_{56} і ординаті точки

(6) $a_q = a_{q6}$, (6-7) довжиною Φ_{67} і ординаті точки

(7) $a_q = a_{q6} \cdot k_1$, (7-8) при заданій довжині відрізка Φ_{78} з визначенням довжини Φ_{67} і рівня a_{q6} при

заданій величині коефіцієнта k_1 за умов забезпечення в точці (8) максимального заданого переміщення штовхача s_{\max} при нульових значеннях

його першої та другої похідних - $v_q = 0$, $a_q = 0$ і на протязі всієї ділянки (5-6-7-8) прийнятної величини коефіцієнта запасу клапанних пружин за силами інерції.

Поточні значення кінематичних параметрів - переміщення штовхача s_i , а також першої v_{qi} та

другої a_{qi} його похідної за кутом обертання кулачка дію кожного відрізка (Фіг.2-4) визначаються за формулами:

Для відрізка 1-2: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{12}$

$$a_{qi} = B_{12} \cdot \sin(k \cdot \varphi_i);$$

$$v_{qi} = \frac{B_{12}}{k} [1 - \cos(k \cdot \varphi_i)];$$

$$s_i = \frac{B_{12}}{k} \left[\varphi - \frac{1}{k} \sin(k \cdot \varphi_i) \right],$$

$$k = \frac{\pi}{\Phi_{12}}; B_{12} = \frac{s_2 \cdot k}{\Phi_{12}}$$

де коефіцієнти

s_2 - задана величина теплового зазору.

Для відрізка 2-3: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{23}$

$$a_{qi} = A_{23} \cdot \varphi_i^3 + B_{23} \cdot \varphi_i^2 + C_{23} \cdot \varphi_i;$$

$$v_{qi} = \frac{A_{23}}{4} \varphi_i^4 + \frac{B_{23}}{3} \varphi_i^3 + \frac{C_{23}}{2} \varphi_i^2 + v_{q2};$$

$$s_i = \frac{A_{23}}{20} \varphi_i^5 + \frac{B_{23}}{12} \varphi_i^4 + \frac{C_{23}}{6} \varphi_i^3 + v_{q2} \cdot \varphi_i + s_2,$$

де a_{q3} - величина другої похідної переміщення штовхача в кінці відрізка 2-3 визначається за умови виконання при $\varphi_i = \Phi_{23}$ рівняння $R_{\text{кр}}(s, v_q, a_q) = R_1$,

v_{q2} - значення першої похідної переміщення штовхача в кінці попередньої ділянки, коефіцієнти

$$A_{23} = \frac{a_{q3}}{\Phi_{23}^3}; B_{23} = -3 \frac{a_{q3}}{\Phi_{23}^2}; C_{23} = 3 \frac{a_{q3}}{\Phi_{23}}.$$

Для відрізка 3-4: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{34}$

$$a_{qi} = a_{q(i-1)} + \Delta a_{qi};$$

$$v_{qi} = a_{q(i-1)} \cdot \Delta \varphi + \Delta a_{qi} \cdot \Delta \varphi + v_{q(i-1)};$$

$$s_{qi} = a_{q(i-1)} \cdot \Delta \varphi^2 / 2 + \Delta a_{qi} \cdot \Delta \varphi^2 / 2 + v_{q(i-1)} \cdot \Delta \varphi + s_{(i-1)},$$

де $\Delta \varphi$ - заданий крок рахунку поточних значень s_i , v_{qi} , a_{qi} , за довжиною відрізка 3-4 від $\varphi_i = 0$ до $\varphi_i = \Phi_{34}$,

$a_{q(i-1)}$, $v_{q(i-1)}$, $s_{(i-1)}$ - для кожного наступного кроку розрахунку попередні значення кінематичних параметрів,

Δa_{qi} - крок зміни величини другої похідної переміщення штовхача, величина якого для кожного φ_i назначається за умови виконання прирівняння $R_{\text{кр}}(s_i, v_{qi}, a_{qi}) = R_1$.

Для відрізка 4-5: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{45}$

$$a_{qi} = A_{45} \cdot \varphi_i^2 + B_{45} \cdot \varphi_i + a_{q4};$$

$$v_{qi} = \frac{A_{45}}{3} \varphi_i^3 + \frac{B_{45}}{2} \varphi_i^2 + a_{q4} \cdot \varphi_i + v_{q4};$$

$$s_i = \frac{A_{45}}{12} \varphi_i^4 + \frac{B_{45}}{6} \varphi_i^3 + \frac{a_{q4}}{2} \varphi_i^2 + v_{q4} \cdot \varphi_i + s_4,$$

де Φ_{45} - довжина відрізка 4-5, що призначається за умов забезпечення в точці (5) рівняння розрахункового кута тиску заданому граничному значенню $\beta(s, v_q, a_q) = \beta_{\max}$ при величині другої похідної $a_{q5} = 0$,

s_4, v_{q4}, a_{q4} - переміщення штовхача та перша і друга його похідні в кінці попередньої ділянки в точці (4),

коефіцієнти

$$A_{45} = -\frac{B_{45}^2 \cdot 10^5}{4 \cdot a_{q4}}; B_{45} = \frac{634,46 \cdot a_{q4}}{\Phi_{45}}.$$

Для відрізка 5-6: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{56}$

$$a_{qi} = A_{56} \cdot \varphi_i^3 + B_{56} \cdot \varphi_i^2 + C_{56} \cdot \varphi_i;$$

$$v_{qi} = \frac{A_{56}}{4} \varphi_i^4 + \frac{B_{56}}{3} \varphi_i^3 + \frac{C_{56}}{2} \varphi_i^2 + v_{q5};$$

$$s_i = \frac{A_{56}}{20} \varphi_i^5 + \frac{B_{56}}{12} \varphi_i^4 + \frac{C_{56}}{6} \varphi_i^3 + v_{q5} \cdot \varphi_i + s_5;$$

де s_5, v_{q5} - переміщення штовхача та перша його похідна в кінці попередньої ділянки в точці (5) коефіцієнти

$$A_4 = -\frac{a_{q6}}{\Phi_{56}^3}; B_{56} = \frac{3 \cdot a_{q6}}{\Phi_{56}^2}; C_{56} = -\frac{3 \cdot a_{q6}}{\Phi_{56}}.$$

Для відрізка 6-7: $0 \leq \varphi_i \leq \Phi_{67}$

$$a_{qi} = A_{67} \varphi_1^3 + C_{67};$$

$$v_{qi} = \frac{A_{67}}{4} \varphi_1^4 + C_{67} \cdot \varphi + v_{q6};$$

$$s_i = \frac{A_{67}}{20} \varphi_1^5 + \frac{C_{67}}{2} \varphi_1^2 + v_{q6} \cdot \varphi + s_6;$$

де s_6 , v_{q6} - переміщення штовхача та перша його похідні в кінці попередньої ділянки в точці (6),

$$A_{67} = -\frac{a_{q6} \cdot (k_1 - 1)}{\Phi_{67}^3}; C_{67} = -a_{q6} \cdot$$

коефіцієнти

Для відрізка 7-8: $0 \leq \varphi_1 \leq \Phi_{78}$

$$a_{qi} = A_{78} \cdot \varphi_1^2 + B_{78} \cdot \varphi_1 + C_{78};$$

$$v_{qi} = \frac{A_{78}}{3} \varphi_1^3 + \frac{B_{78}}{2} \varphi_1^2 + C_{78} \cdot \varphi_1 + v_{q7};$$

$$s_i = \frac{A_{78}}{12} \varphi_1^4 + \frac{B_{78}}{6} \varphi_1^3 + \frac{C_{78}}{2} \varphi_1^2 + v_{q7} \cdot \varphi_1 + s_7;$$

де s_7 , v_{q7} - переміщення штовхача та перша його похідна в кінці попередньої ділянки в точці (7),

коефіцієнти

$$A_{78} = \frac{B_{78}^2 \cdot 10^5}{4a_{q6}}; B_6 = \frac{-634,46 \cdot a_{q6}}{\Phi_{78}}; C_{78} = -a_{q6} \cdot k_1,$$

k_1 - заданий коефіцієнт зростання другої похідної переміщення штовхача в області від'ємних значень.

В представлених формулах ураховуються умови плавного сполучення відрізків за профілем кулачка, тобто рівняння переміщень s штовхача,

а також першої v_q та другої a_q його похідних за кутом обертання кулачка в точках сполучення окремих кривих у відповідних граничних точках.

Довжина відрізка (6-7) Φ_{67} і величина a_{q6} визначаються за умов забезпечення в точці (8) максимального заданого переміщення штовхача s_{max}

при нульових значеннях його першої та другої похідних - $v_q = 0, a_q = 0$.

Пропонований кулачок працює таким чином. При обертанні кулачка ролик штовхача (на Фіг.1 не показаний) контактуючи з потиличною частиною за дугою (1-1') радіуса r_0 залишається нерухомим. При набіганні кулачка на ролик штовхача останній починає рухатися, причому впродовж ділянки (1-2)

при вибиранні встановленого теплового зазору s_2 друга похідна підйомів штовхача за кутом обертання кулачка a_q (Фіг.4) на початку та наприкінці ділянки дорівнює 0, на відрізку (2-3) - змінюється

від 0 до a_{q3} , на відрізку (3-4) - від a_{q3} до a_{q4} при контакті ролика штовхача з увігнутою частиною профілю кулачка за дугою (3-4) встановленого радіуса R_1 впродовж всього відрізка, на відрізку

(4-5) - від a_{q4} до 0, на відрізку (5-6) - змінюється

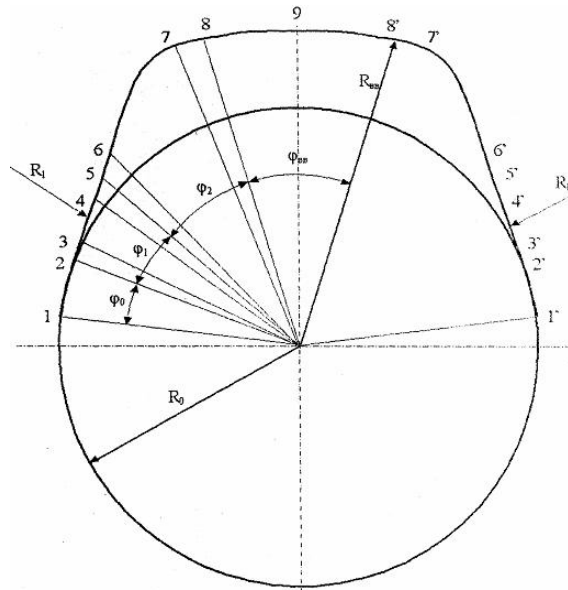
від 0 до a_{q6} на відрізку (6-7) - змінюється від a_{q6}

до $a_{q6} \cdot k_1$, на відрізку (7-8) - змінюється від $a_{q6} \cdot k_1$

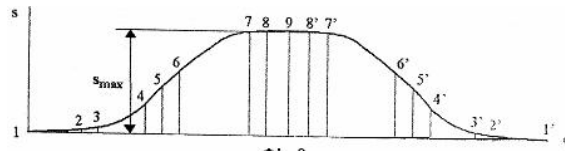
до 0. В кінці ділянки (7-8) (саме в точці 8) штовхач досягає заданого максимального переміщення s_{max} , а перша v_q і друга a_q похідні за кутом обертання кулачка дорівнюють 0 (Фіг.2-4).

При контакті ролика штовхача з профілем кулачка за дугою (8-9-8') радіуса $R_{вв}$ (ділянка верхнього вистою) штовхач залишається нерухомим.

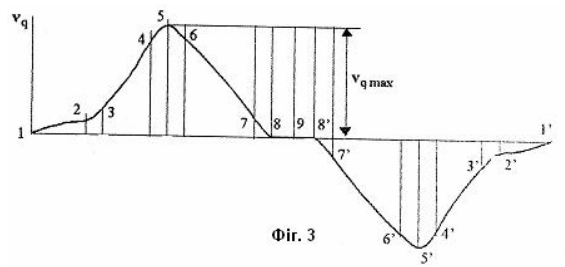
При контакті ролика штовхача з поверхнею опускання (8'-7'-6'-5'-4'-3'-2'-1'), яка симетрична поверхні підйому (1-2-3-4-5-6-7-8), рух штовхача здійснюється в зворотній послідовності.



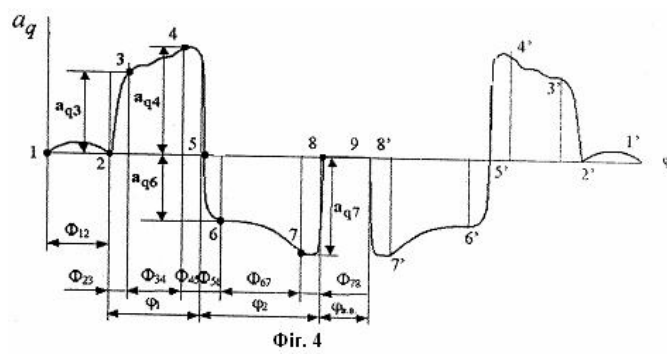
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4