



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **161118** (13) **U**
(51) МПК (2025.01)
F01P 1/00
F01P 1/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2024 06112	(72) Винахідник(и): Абрамчук Федір Іванович (UA), Трофіменко Дмитро Олександрович (UA), Нікітченко Ігор Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.12.2024	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.11.2025	(74) Представник: Азарова Алла Володимирівна
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.11.2025, Бюл.№ 46	

(54) СПОСІБ РОБОТИ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА БЕЗ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

(57) Реферат:

Спосіб роботи гібридного автомобільного двигуна без системи охолодження, за яким об'єднують роботу двигуна внутрішнього згоряння і пневматичного двигуна. Після циклу двигуна внутрішнього згоряння, протягом якого нагріваються деталі камери згоряння, йдуть цикли пневматичного двигуна, протягом яких реалізується охолодження деталей камери згоряння. Кількість циклів пневматичного двигуна вибирають таким чином, щоб температура деталей камери згоряння повернулась до оптимальної, необхідної для реалізації робочого процесу двигуна внутрішнього згоряння.

UA 161118 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування, а саме стосується способів роботи поршневих теплових двигунів, а саме, до повітряного охолодження та пристроїв для охолодження циліндрів та їх головок.

5 Найближчий аналог описаний в науковій статті [1], яка присвячена дослідженню складного теплообміну в циліндрі гібридного поршневого двигуна. У ній розроблено уточнену модель для опису миттєвих значень коефіцієнтів тепловіддачі для варіанту роботи двигуна внутрішнього згоряння за циклом пневматичного двигуна. Згідно зі способом роботи гібридного поршневого двигуна [1] на певний проміжок часу двигун внутрішнього згоряння переводиться на живлення стислим повітрям з додаткової ємності і працює за циклом пневматичного двигуна. Потім після 10 закінчення стислого повітря, або за іншої потреби (необхідності різко збільшити швидкість транспортного засобу) – поршневий двигун повертається до роботи за циклом двигуна внутрішнього згоряння (циклу Отто).

Недоліком найближчого аналога є наявність системи охолодження поршневого двигуна та системи підігріву повітря, яке живить поршневий двигун при роботі за циклом пневматичного 15 двигуна. Наявність цих систем призводить в експлуатації до додаткових енерговитрат, що погіршує ефективний ККД поршневого гібридного двигуна, а також збільшує масу самого двигуна та його систем, що призводить до збільшення енерговитрат на рух транспортного засобу з таким поршневим гібридним двигуном.

Пропонується гібридний автомобільний двигун, в якому відбуваються цикли ДВЗ (за циклом 20 Отто) і пневматичного двигуна. Під час циклу ДВЗ стінки деталей камери згоряння акумулюють теплоту і далі в циліндрі йде цикл пневматичного двигуна і повітря забирає цю теплоту. Для обґрунтування цього ефекту виконано порівняльне розрахункове дослідження.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечення ефективної роботи поршневого гібридного двигуна з послідовним чергуванням роботи за циклом Отто та за циклом 25 пневматичного двигуна без використання системи охолодження і, відповідно, зменшенням рівня споживання вуглеводневого палива та поліпшенням екологічних показників поршневого гібридного двигуна.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі роботи гібридного автомобільного двигуна без системи охолодження, за яким об'єднують роботу двигуна внутрішнього згоряння і 30 пневматичного двигуна, згідно з корисною моделлю, після циклу двигуна внутрішнього згоряння, протягом якого нагріваються деталі камери згоряння, йдуть цикли пневматичного двигуна, протягом яких реалізується охолодження деталей камери згоряння, причому кількість циклів пневматичного двигуна обирають таким чином, щоб температура деталей камери згоряння повернулася до оптимальної, необхідної для реалізації робочого процесу двигуна внутрішнього 35 згоряння.

Технічний результат корисної моделі полягає в забезпеченні ефективної роботи поршневого гібридного двигуна без системи охолодження.

Функціональне призначення сукупності ознак полягає в підвищенні ефективності роботи поршневого гібридного двигуна, який послідовно працює за циклом Отто та циклом 40 пневматичного двигуна без використання системи охолодження, що дозволяє на 30-40 % зменшити втрати теплоти в навколишнє середовище та, відповідно, значно підвищити ефективний ККД поршневого гібридного двигуна.

Спосіб роботи гібридного автомобільного двигуна без системи охолодження, здійснюють 45 кратно обертам колінчастого вала. При роботі за циклом Отто - свіже повітря з навколишнього середовища після повітряного фільтра надходить в циліндр поршневого гібридного двигуна на такті впуску. Потім відомим способом подається вуглеводне паливо (наприклад: бензин). У потрібний заздалегідь визначений проміжок часу, що відповідає повному куту обертання колінчастого вала на такті стиснення, реалізовано примусове займання сформованої паливо-повітряної суміші (із використанням свічки запалювання). Далі йдуть такти розширення та 50 випуску, на яких стінки камери згоряння нагріваються від продуктів згоряння (реалізовано чотиритактний цикл: два оберти колінчастого вала). Далі, після досягнення певної температури стінок камери згоряння послідовно йдуть цикли пневматичного двигуна (двотактний цикл: один оберт колінчастого вала), протягом яких стиснене повітря із зовнішньої ємності крізь штатний впускний канал в головці циліндрів і впускні клапани надходить в циліндр поршневого 55 гібридного двигуна. Нагріті стінки віддають стисненому повітрі теплоту, а стиснене повітря, в свою чергу, нагрівається і виконує роботу на такті розширення. Потім йде такт випуску. І так поршневий гібридний двигун працює певну кількість послідовних циклів, тобто обертів колінчастого вала, до моменту, коли температура стінок камери згоряння не знизиться до певних меж. Потім, послідовно, реалізується робота поршневого гібридного двигуна за циклом

Отто. І так далі послідовно (кратно обертам колінчастого вала), повторюються цикли Отто та цикли пневматичного двигуна з високою ефективністю без системи охолодження.

Параметри поршневого ДВЗ наведено в Таблиці.

5 Корисна модель пояснюється графічним зображенням, на якому представлено використані індикаторні діаграми автомобільного двигуна MeM3-307 та пневматичного двигуна.

Таблиця

Параметри поршневого ДВЗ

Назва величини	Позначення	Чисельне значення
1	2	3
Потужність	N_e , кВт	50
Частота обертання колінчастого вала	n , хв ⁻¹	5500
Діаметр циліндра	D , м	0,075
Хід циліндра	S , м	0,0735
Довжина шатуна	L , м	0,118
Ступінь стиснення	ε	9,8
Робочий об'єм	V_h , м ³	$0,3247 \cdot 10^{-3}$
Об'єм стиснення	V_c , м ³	$0,0368 \cdot 10^{-3}$
Радіус кривошипа	R , м	0,03657
Кінематичний параметр	$\lambda_{кін}$	0,31144
Середня швидкість поршня	C_m , м/с	13,47
Середній індикаторний тиск	$p_{інд}$, МПа	1,1638
Коефіцієнт надлишку повітря	α	0,95
Теплоємність відпрацьованих газів при постійному тиску	$C_{vтвг}$, Дж/(кг·R)	1249
Теплоємність суміші при постійному тиску	$C_{vтсм}$, Дж/(кг·R)	1133,8
Годинна витрата палива	G_g , кг/год.	14,5
Циклова витрата палива	$G_{ц}$, кг	$2,197 \cdot 10^{-5}$

Розрахунковий внутрішній тепловий баланс:

$$Q_n = Q_i + Q_w + Q_{в.г.}$$

10 де $Q_n = G_{ц} \cdot Q_{п}$ - нижча теплота згоряння циклової подачі палива, Дж;

$$Q_n = 2,197 \cdot 10^{-5} \cdot 44 \cdot 10^6 = 966,6$$

$Q_i = p_{інд} \cdot V_h$ - теплота, що перетворюється в індикаторну роботу, Дж;

$$Q_i = 1,1638 \cdot 10^6 \cdot 0,3247 \cdot 10^{-3} = 372,4$$

$Q_{в.г.} = M_2 \cdot C_{pтвг} \cdot T_{в.г.} - M_1 \cdot C_{pтсм} \cdot T_0$ - теплота, що відводиться з відпрацьованими газами, Дж;

15 $Q_{в.г.} = 0,302 \cdot 10^{-3} \cdot 1249 \cdot 1506 - 0,319 \cdot 10^{-3} \cdot 1133,8 \cdot 293 = 462$,

$Q_w = Q_n - Q_i - Q_{в.г.}$ - теплота, що віддається стінкам камери згоряння, Дж;

$$Q_w = 966,6 - 372,4 - 462 = 132,2$$

Обробка індикаторної діаграми дала можливість отримати $p_r(\varphi)$, $T_r(\varphi)$ і виконати розрахунок теплоти, що віддається стінкам камери згоряння, за допомогою залежності Ньютона-Ріхмана:

$$Q_w^* = \sum_{i=1}^n Q_{wi} = \sum_{i=1}^n \alpha_{\varphi i} \cdot F_{\varphi i} \cdot [T_r(\varphi) - T_w(\varphi)] \cdot \Delta\tau_i$$

5 де $\alpha_{\varphi} = 0,26 \cdot \lambda \cdot \frac{\rho^{0,7} \cdot C_m^{0,7}}{\eta^{0,7} \cdot D^{0,3}} + 2,1 \cdot 10^{-13} [T_r^4(\varphi) - T_w^4(\varphi)]$ - коефіцієнт тепловіддачі за α -формулою

В. Аннанда, Вт/(м²·К);

$$\rho = 3,49 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{p_r(\varphi)}{T_r(\varphi)} \text{ - густина робочого тіла, кг/м}^3;$$

$$\eta = 0,56 \cdot 10^{-6} \cdot T_{cp}^{0,62} \text{ - динамічна в'язкість робочого тіла визначена при температурі } T_{cp}, \text{ Па}\cdot\text{с};$$

$$T_{cp} = [T_r(\varphi) + T_w(\varphi)]/2 \text{ - середня температура, К};$$

10 $\lambda = 0,000361 \cdot T_{cp}^{0,75}$ - теплопровідність пристінкового шару газу при середній температурі T_{cp} , Вт/(м·К);

F_{φ} - площа поверхні деталей камери згоряння, м²;

n - кількість ділянок розрахунку в циклі двигуна.

Кількість теплоти, що віддається стінкам камери згоряння, при використанні залежності В.

15 Аннанда дали такий результат: $Q_w^* = 103,9 \text{ Дж}$.

Похибка розрахунку, %:

$$\frac{Q_w - Q_w^*}{Q_w} \cdot 100\% = \frac{131,57 - 103,9}{131,57} \cdot 100\% = 21$$

що є допустимим для таких розрахунків.

20 Використовуючи індикаторну діаграму пневмодвигуна, виконаний розрахунок теплоти, що забирається повітрям під час його роботи в двотактному циклі (1 повний оберт колінчастого валу).

Режим роботи пневмодвигуна передбачає:

$p_{вп} = 0,7$ - тиск повітря на вході, МПа;

$p_{вип} = 0,1$ - тиск повітря на виході, МПа;

25 $T_{вп} = 293$ - температура повітря на вході, К;

$T_{вип} = 239$ - температура повітря на виході, К.

Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі α_{φ} виконувався також за α -формулою В. Аннанда. Кількість теплоти, що забирає повітря від стінок деталей камери згоряння за цикл роботи

30 пневмодвигуна склав $Q_w^{**} = 35,2 \text{ Дж}$. Це дає підставу стверджувати, що кількість циклів пневмодвигуна, яка потрібна для охолодження деталей камери згоряння, дорівнює приблизно

$$\frac{Q_w^*}{Q_w^{**}} = \frac{103,9}{35,2} \approx 3$$

35 Використання способу роботи гібридного автомобільного двигуна без системи охолодження, наприклад, як енергетичної установки автомобіля, забезпечує залежно від умов експлуатації зниження експлуатаційних витрат палива на 20-50 % відсотків, зниження викидів токсичних хімічних сполук з відпрацьованими газами - на 20-50 % відсотків без використання додаткових систем їх нейтралізації, а також значно зменшує інтенсивність звукового випромінювання.

Джерело інформації:

40 1. P. Brejoud, P. Higelin, A. Charlet, G. Colin and Y. Chamailard. Convective Heat Transfer in a Pneumatic Hybrid Engine. Oil & Gas Science and Technology-Rev. IFP Energies nouvelles, Vol. 66 (2011), No. 6, pp. 1035-1051.

DOI: 10.2516/ogst/2011121.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

45 Спосіб роботи гібридного автомобільного двигуна без системи охолодження, за яким об'єднують роботу двигуна внутрішнього згоряння і пневматичного двигуна, який **відрізняється**

5 тим, що після циклу двигуна внутрішнього згоряння, протягом якого нагріваються деталі камери згоряння, йдуть цикли пневматичного двигуна, протягом яких реалізується охолодження деталей камери згоряння, причому кількість циклів пневматичного двигуна вибирають таким чином, щоб температура деталей камери згоряння повернулась до оптимальної, необхідної для реалізації робочого процесу двигуна внутрішнього згоряння.

