

Корисна модель належить до двигунів внутрішнього згоряння, переважно дизелів, з поршнями з алюмінієвих сплавів, з камерою згоряння з поверхневим покриттям, розташованою в поршні, та з безпосереднім впорскуванням палива і об'ємно-плівковим сумішоутворенням.

Відомими є конструкції двигунів внутрішнього згоряння з камерою згоряння в поршні, в яких паливо подається до камери згоряння через розпилювач форсунки у вигляді струменів. При об'ємно-плівковому сумішоутворенні частина палива, що подається, розпилюється і випаровується в об'ємі камери згоряння, а частина досягає поверхні камери згоряння і утворює на ній плями паливних плівок, з яких паливо також випаровується. Кількість плям паливних плівок відповідає кількості отворів розпилювача форсунки та, відповідно, кількості струменів палива, що розповсюджуються від отворів розпилювача форсунки об'ємом камери згоряння до поверхні камери згоряння. При високих тиску та температурі в камері згоряння пара палива взаємодіє з киснем, спалахує та вигоряє. Високі показники паливної економічності та низької емісії шкідливих викидів двигунів забезпечується узгодженням геометрії камери згоряння, руху повітря в камері згоряння та характеристики подачі палива. Однак, для поршнів з алюмінієвих сплавів випаровування паливної плівки з поверхні камери згоряння супроводжується локальною тепловіддачею від поверхні камери згоряння до паливної плівки та локальним зменшенням температури поверхні камери згоряння. Низька температура поверхні камери згоряння під паливною плівкою провокує обриви реакцій горіння палива, що сприяє утворенню продуктів неповного згоряння, у тому числі твердих частинок, призводить до виникнення локальних нагароутворень на поверхні камери згоряння в місцях утворення плям паливної плівки [1,2]. В процесі експлуатації двигуна товщина локальних нагароутворень зростає. Подача струменів палива на локальні нагароутворення погіршує розтікання палива по поверхні камери згоряння, умови утворення плям паливних плівок та випаровування паливних плівок з поверхні камери згоряння, що погіршує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння.

Відомими є двигуни внутрішнього згоряння, що оснащені поршнями з корпусами, які виконані з алюмінієвих сплавів, та з головками у вигляді накладок або вставок, що виконані з низькотеплопровідних матеріалів [3,4]. Такі конструкції передбачають підвищення температури поверхні камери згоряння поршня та застосування заходів щодо підвищення надійності утримання накладок або вставок. Підвищення температури поверхні камери згоряння зменшує обриви реакцій горіння палива та зменшує нагароутворення на поверхні камери згоряння. Недоліком таких конструкцій є те, що підвищена температура поверхні камери згоряння призводить до зменшення наповнення циліндра повітрям, що зменшує коефіцієнт надлишку повітря, збільшує утворення продуктів неповного згоряння в об'ємі камери згоряння, і в цілому погіршує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння [5,6]. Недоліком таких конструкцій також є підвищена їх вартість порівняно з конструкціями поршнів, що не мають головок у вигляді накладок або вставок.

Відомими є поршні для двигуна внутрішнього згоряння, поверхні камери згоряння яких оснащені суцільним шаром низькотеплопровідного покриття [3,7]. Покриття формується на поверхні камери згоряння шляхом осадження матеріалів, які переважно наносяться за допомогою процесу плазмового розпилення. Конструкція, матеріали покриття та спосіб їх нанесення передбачають підвищення температури поверхні камери згоряння поршня та підвищення надійності утримання покриття. Підвищення температури поверхні камери згоряння зменшує обриви реакцій горіння палива та зменшує нагароутворення на поверхні камери згоряння. Недоліком таких конструкцій є те, що підвищена температура поверхні камери згоряння призводить до зменшення наповнення циліндра повітрям, що зменшує коефіцієнт надлишку повітря, збільшує утворення продуктів неповного згоряння в об'ємі камери згоряння, а в цілому погіршує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння. Недоліком таких конструкцій також є підвищена їх вартість порівняно з конструкціями поршнів, що не мають суцільного шару низькотеплопровідного покриття поверхні камери згоряння.

Відомою є конструкція поршня, яка виконана з алюмінієвого сплаву, на поверхні камери згоряння якого утворено суцільний низькотеплопровідний шар  $Al_2O_3$  [8]. Формування поверхневого низькотеплопровідного шару здійснюється шляхом оксидування основного матеріалу поршня без зміни розмірів деталі [9]. Поверхневий низькотеплопровідний шар викликає підвищення температури поверхні камери згоряння поршня, а спосіб його утворення забезпечує високі показники адгезії поверхневого низькотеплопровідного шару до основного матеріалу поршня, стійкості поршня до термічного удару та стійкості поверхневого низькотеплопровідного шару до ерозії. Підвищення температури поверхні камери згоряння зменшує обриви реакцій горіння палива та зменшує нагароутворення на поверхні камери згоряння. Недоліком такої конструкції є те, що підвищена температура поверхні камери згоряння призводить до зменшення наповнення циліндра повітрям, що зменшує коефіцієнт надлишку повітря, збільшує утворення продуктів неповного згоряння в об'ємі камери згоряння, і в цілому погіршує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів при заданій потужності двигуна. Недоліком такої конструкції також є підвищена її вартість порівняно з конструкціями поршнів, що не мають суцільного поверхневого низькотеплопровідного шару.

Найбільш близьким аналогом до конструкції, що пропонується, є двигун внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням, оснащений розпилювачем форсунки з отворами для подачі палива в камеру згоряння та поршнем, власне тіло якого виконано з алюмінієвого сплаву та який містить камеру згоряння, що має кромку, бічну поверхню і денце, та кільцеву вставку, яку виконано з низькотеплопровідного матеріалу [10]. Кільцеву вставку утворено з ділянок двох видів, що чергуються між собою, причому поверхня кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду співпадає з бічною поверхнею камери згоряння, тобто зовнішня поверхня кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду утворює частину бічної поверхні камери згоряння, а низькотеплопровідні ділянки другого виду заглиблені в тіло поршня, при цьому кількість низькотеплопровідних ділянок першого виду відповідає кількості отворів розпилювача форсунки. Висота кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду дорівнює 5-20 мм та не перевищує відстань від кромки до денця камери згоряння, довжина кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду дорівнює 5-30 мм. Таке технічне рішення передбачає підвищення температури зовнішньої поверхні кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду. Підвищення температури зовнішньої поверхні кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду внаслідок малих їх розмірів не призводить до значного впливу на наповнення циліндра повітрям, але підвищує температуру плям паливних плівок, які розташовані на низькотеплопровідних ділянках першого виду, зменшує обриви реакцій горіння, що зменшує утворення продуктів неповного згоряння та зменшує локальні нагароутворення на поверхні камери згоряння. У цілому подача струменів палива на поверхню кожної низькотеплопровідної ділянки першого виду покращує умови утворення плям паливної плівки, розтікання плям паливних плівок по поверхні камери згоряння та випаровування палива з поверхні камери згоряння, що покращує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння.

Недоліки такого двигуна внутрішнього згоряння пов'язані з неузгодженістю форми плям паливної плівки на поверхні камери згоряння з областями підвищення температури поверхні камери згоряння, що включає частину поверхонь низькотеплопровідних ділянок першого виду за межами плям паливної плівки і поверхню камери згоряння над заглибленими в тіло поршня низькотеплопровідними ділянками другого виду. Підвищена температура поверхні камери згоряння призводить до зменшення наповнення циліндра повітрям, що зменшує коефіцієнт надлишку повітря, збільшує утворення продуктів неповного згоряння в об'ємі камери згоряння, і в цілому погіршує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів при заданій потужності двигуна. Недоліком такої конструкції також є її підвищена вартість порівняно з конструкціями поршнів без кільцевої вставки.

Додатково, недоліком такої конструкції є конструкція кільцевої вставки, що призводить до перепадів температур і термічних напружень між низькотеплопровідними ділянками першого виду та основним матеріалом власного тіла поршня та між низькотеплопровідними ділянками другого виду та основним матеріалом власного тіла поршня, які викликають відшарування кільцевої вставки навіть при близьких коефіцієнтах температурного розширення матеріалів кільцевої вставки і власного тіла поршня, і, як наслідок, до втрати надійної роботи двигуна внутрішнього згоряння.

Задача корисної моделі - покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням шляхом зменшення локального нагароутворення в камері згоряння поршня в зонах формування та випаровування плям паливних плівок при забезпеченні надійної роботи поршня та мінімальної вартості конструкції.

Поставлена задача вирішується тим, що в двигуні внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням, оснащеному розпилювачем форсунки з отворами для подачі палива в камеру згоряння та поршнем з алюмінієвого сплаву з камерою згоряння, яка має кромку, бічну поверхню і денце та містить низькотеплопровідні ділянки, виконані так, що зовнішня поверхня кожної низькотеплопровідної ділянки утворює частину бічної поверхні камери згоряння, висота кожної низькотеплопровідної ділянки дорівнює 5-20 мм та не перевищує відстань від кромки до денця камери згоряння, довжина кожної низькотеплопровідної ділянки дорівнює 5-30 мм, а кількість низькотеплопровідних ділянок відповідає кількості отворів розпилювача форсунки, згідно з корисною моделлю, зовнішня поверхня кожної низькотеплопровідної ділянки на розгортці бічної поверхні камери згоряння обмежена зовнішнім контуром у вигляді еліпса, великі осі еліпсів спрямовані в окружному напрямі бічної поверхні камери згоряння, при цьому сума довжин усіх низькотеплопровідних ділянок не перевищує периметр камери згоряння в перетині розташування великих осей еліпсів, а товщина кожної низькотеплопровідної ділянки зменшується від найбільшої в положенні одного з фокусів еліпса до нуля на зовнішньому контурі, причому найбільша товщина кожної низькотеплопровідної ділянки дорівнює 0,1-0,5 мм; кожна низькотеплопровідна ділянка виконана з  $\alpha$ -модифікації  $Al_2O_3$ .

Функціональне призначення сукупності заявлених ознак полягає в тому, що:

1. Зовнішня поверхня кожної низькотеплопровідної ділянки на розгортці бічної поверхні камери згоряння обмежена зовнішнім контуром у вигляді еліпса.

2. Великі осі еліпсів спрямовані в окружному напрямі бічної поверхні камери згоряння.

Наведені ознаки забезпечують узгодженість розтікання плям паливних плівок з формою зовнішніх

поверхонь низькотеплопровідних ділянок, які мають підвищену температуру відносно бічної поверхні камери згоряння власного тіла поршня, виконаного з алюмінієвого сплаву. Це зменшує утворення продуктів неповного згоряння та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях низькотеплопровідних ділянок при мінімальних достатніх розмірах зовнішніх поверхонь низькотеплопровідних ділянок, чим забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння при мінімальній вартості конструкції.

3. Сума довжин усіх низькотеплопровідних ділянок не перевищує периметр камери згоряння в перетині розташування великих осей еліпсів.

Наведена ознака унеможливорює перекривання сукупності зовнішніх поверхонь низькотеплопровідних ділянок відповідно до запобігання з'єднанню плям паливних плівок, утворених різними струменями палива від різних отворів розпилювача форсунки, що забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна при мінімальних достатніх розмірах зовнішніх поверхонь низькотеплопровідних ділянок, чим забезпечує мінімальну вартість конструкції.

4. Товщина кожної низькотеплопровідної ділянки зменшується від найбільшої в положенні одного з фокусів еліпса до нуля на зовнішньому контурі.

Наведена ознака утворює поверхню контакту між матеріалом низькотеплопровідної ділянки та матеріалом власного тіла поршня узгоджено з розподілом температури зовнішньою поверхнею кожної низькотеплопровідної ділянки. Температура зовнішньої поверхні низькотеплопровідної ділянки розподіляється так, що найбільша температура зовнішньої поверхні низькотеплопровідної ділянки знаходиться в зоні одного з фокусів еліпса, що відповідає найбільшій товщині низькотеплопровідної ділянки, а на зовнішньому контурі зовнішньої поверхні кожної низькотеплопровідної ділянки температура кожної низькотеплопровідної ділянки відповідає температурі матеріалу власного тіла поршня.

Такий розподіл температур є узгодженим з розтіканням плями паливної плівки. Струмін палива, що розповсюджується від отвору розпилювача форсунки, контактує з низькотеплопровідною ділянкою в зоні найбільшої її температури, тобто в зоні одного з фокусів еліпса, що відповідає найбільшій товщині низькотеплопровідної ділянки, частково нагрівається та розповсюджується по низькотеплопровідній ділянці у вигляді плями паливної плівки, так, що до зовнішнього контуру зовнішньої поверхні низькотеплопровідної ділянки досягає мінімальна кількість палива. Паливна плівка рівномірно нагрівається і випаровується, що зменшує утворення продуктів неповного згоряння та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях низькотеплопровідних ділянок, що забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння при мінімальних достатніх товщинах низькотеплопровідних ділянок, чим забезпечує мінімальну вартість конструкції.

Такий розподіл температур також зменшує термічні напруження по поверхнях контакту між матеріалом власного тіла поршня та матеріалом низькотеплопровідних ділянок, що підвищує надійність конструкції поршня при мінімальних достатніх розмірах низькотеплопровідних ділянок, чим забезпечує мінімальну вартість конструкції.

5. Найбільша товщина кожної низькотеплопровідної ділянки дорівнює 0,1-0,5 мм.

Наведена ознака забезпечує достатню найбільшу температуру зовнішніх поверхонь кожної низькотеплопровідної ділянки, що зменшує утворення продуктів неповного згоряння та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях низькотеплопровідних ділянок, чим забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згоряння при мінімальних достатніх товщинах низькотеплопровідних ділянок, що забезпечують надійне зчеплення матеріалу кожної низькотеплопровідної ділянки з матеріалом власного тіла поршня при мінімальній вартості конструкції.

6. Кожна низькотеплопровідна ділянка виконана з  $\alpha$ -модифікації  $Al_2O_3$ .

Наведена ознака забезпечує високу адгезію матеріалу низькотеплопровідної ділянки до матеріалу власного тіла поршня, виконаного з алюмінієвого сплаву, та стійкість зовнішньої поверхні низькотеплопровідної ділянки до термоциклів та високотемпературної ерозії. Це забезпечує високу надійність конструкції поршня.

На фіг. 1 зображено загальний вигляд двигуна внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням, оснащеного розпилювачем форсунки та поршнем з камерою згоряння, яка містить низькотеплопровідні ділянки.

На фіг. 2 зображено переріз бічної поверхні камери згоряння поршня.

На фіг. 3 зображено розгортку бічної поверхні камери згоряння поршня.

Двигун внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням має розпилювач форсунки 1 з отворами 2 кількістю N та поршень 3, власне тіло 4 якого виконано з алюмінієвого сплаву, з камерою згоряння 5, що має кромку 6, бічну поверхню 7 і денце 8. Камера згоряння 5 поршня 3 містить низькотеплопровідні ділянки 9. Зовнішня поверхня 10 кожної низькотеплопровідної ділянки 9 утворює

частину бічної поверхні 7 камери згоряння 5 поршня 3. Кількість  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 відповідає кількості  $N$  отворів 2 розпилювача форсунки 1,  $n=N$ . Висота  $h_i$ ,  $i=1...n$ , кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 дорівнює 5-20 мм та не перевищує відстань  $H$  від кромки 6 до денця 8 камери згоряння 5 поршня 3; довжина  $l_i$ ,  $i=1...n$ , кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 дорівнює 5-30 мм.

Зовнішня поверхня 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 на розгортці бічної поверхні 7 камери згоряння 5 поршня 3 обмежена зовнішнім контуром 11 у вигляді еліпса. Великі осі 12 еліпсів зовнішніх контурів 11 зовнішніх поверхонь 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 спрямовані в окружному напрямі 13 бічної поверхні 7 камери згоряння 5 поршня 3. Сума довжин  $l_i$  усіх  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 не перевищує периметр  $P$  камери згоряння 5 поршня 3 в перерізі А-А розташування великих осей 12 еліпсів зовнішніх контурів 11 зовнішніх поверхонь 10 кожної з  $n$

низькотеплопровідних ділянок 9, 
$$\sum_{i=1}^n l_i \leq P$$
.

Кожний з еліпсів зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 має фокуси  $F1$  та  $F2$ . Товщина  $t_i$ ,  $i=1...n$ , кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 є відстанню від зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 до поверхні контакту 14 між матеріалом низькотеплопровідної ділянки 9 та матеріалом власного тіла 4 поршня 3. Товщина  $t_i$  кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 зменшується від найбільшої  $t_{\max}$   $i$ ,  $i=1...n$ , в положенні фокусу  $F1$  еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 до нуля на зовнішньому контурі 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9. Найбільша товщина  $t_{\max}$   $i$  кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 дорівнює 0,1-0,5 мм.

Кожний з  $N$  отворів 2 розпилювача форсунки 1 призначений для подачі струменів палива (на фіг. не показані) в камеру згоряння 5 поршня 3 і має вісь 15. Для кожного з  $N$  отворів 2 розпилювача форсунки 1 вісь 16 струменя палива, що виходять з отвору 2 розпилювача форсунки 1, є кривою, дотичною в отворі 2 розпилювача форсунки 1 до відповідної осі 15 отвору 2 розпилювача форсунки 1, і яка перетинає зовнішню поверхню 10 низькотеплопровідної ділянки 9 у фокусі  $F1$  еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9.

Кожна з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 виконана з  $\alpha$ -модифікації  $Al_2O_3$ .

Заявлений двигун внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням працює в такий спосіб. До камери згоряння 5 поршня 3 циклічно подається повітря, паливо та після згоряння палива здійснюється випуск відпрацьованих газів. При цьому паливо подається крізь  $N$  отворів 2 розпилювача форсунки 1. Частина палива, що подається, розпилюється і випаровується в об'ємі камери згоряння 5 поршня 3. При високих тиску та температурі в камері згоряння 5 поршня 3 пара палива взаємодіє з киснем повітря, спалахує та вигоряє. Теплота згоряння палива, що вивільняється в процесі горіння, частково передається бічній поверхні 7 камери згоряння 5 власного тіла 4 поршня 3 та направляється у власне тіло 4 поршня 3, виконаного з алюмінієвого сплаву, а також частково передається до зовнішньої поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 та розповсюджується низькотеплопровідними ділянками 9 (теплові потоки на фіг. не показані). Тепловий потік через поверхню контакту 14 від матеріалу низькотеплопровідної ділянки 9 до матеріалу власного тіла 4 поршня 3 є зменшеним, зовнішні поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 мають підвищену температуру відносно бічної поверхні 7 камери згоряння 5 власного тіла 4 поршня 3.

Струмені палива при виході з кожного з  $N$  отворів 2 розпилювача форсунки 1 спрямовуються вздовж осей 15 отворів 2 розпилювача форсунки 1 та внаслідок руху повітря (на фіг. не показаного) зносяться в камері згоряння 5 поршня 3 відносно осей 15 отворів 2 розпилювача форсунки 1 так, що осі 16 струменів палива є дотичними в отворах 2 розпилювача форсунки 1 до відповідних осей 15 отворів 2 розпилювача форсунки 1 і перетинають зовнішні поверхні 10 низькотеплопровідних ділянок 9 у фокусах  $F1$  еліпсів зовнішніх контурів 11 зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9.

Частина палива досягає зовнішньої поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9, розтікається по зовнішній поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 та утворює на зовнішніх поверхнях 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 плями паливної плівки (на фіг. не показані).

У зв'язку з тим, що зовнішня поверхня 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 утворює частину бічної поверхні 7 камери згоряння 5 поршня 3, висота  $h_i$  кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 дорівнює 5-20 мм та не перевищує відстань  $H$  від кромки 6 до денця 8 камери згоряння 5 поршня 3, довжина  $l_i$  кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 дорівнює 5-30 мм, при чому внаслідок того, що зовнішня поверхня 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 на розгортці бічної поверхні 7 камери згоряння 5 поршня 3 обмежена зовнішнім контуром 11 у вигляді еліпса, а великі осі 12 еліпсів спрямовані в перерізі А-А окружного напрямку 13 бічної поверхні 7 камери згоряння 10, то розміри і форма зовнішніх поверхонь 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 є узгодженими з розмірами і формою плям розтікання паливних плівок. Через це плями паливних плівок розтікаються в межах зовнішніх поверхонь 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9.

Підвищена температура зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9, узгоджених з розмірами і формою розтікання плям паливних плівок, забезпечує інтенсивний теплообмін між зовнішніми поверхнями 10 низькотеплопровідних ділянок 9 та плямами паливних плівок, сприяє інтенсивному випаровуванню і якісному вигорянню палива плям паливних плівок, зменшує обриви реакцій горіння палива на зовнішніх поверхнях 10 низькотеплопровідних ділянок 9, що зменшує утворення продуктів неповного згорання та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях 10 низькотеплопровідних ділянок 9 при мінімальних достатніх розмірах зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9, чим забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згорання при мінімальній вартості конструкції.

Діапазон розмірів еліпсів зовнішніх контурів 11, що обмежують зовнішні поверхні 10 низькотеплопровідних ділянок 9, обумовлений тим, що при перевищенні розмірів плям паливних плівок розмірів "зовнішніх контурів 11, інтенсивність теплообміну між бічною поверхнею 7 камери згорання 5 власного тіла 4 поршня 3 та плямами паливних плівок і випаровування палива за межами зовнішніх контурів 11 зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9 погіршується. Це спричиняє виникнення нагароутворень за межами зовнішніх контурів 11 зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9 та погіршення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна. А перевищення розмірів зовнішніх контурів 11 зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9 розмірів плям паливних плівок призводить до перевищення мінімальних достатніх розмірів зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9, збільшення вартості виготовлення низькотеплопровідних ділянок 9 та збільшення вартості конструкції поршня 3.

Внаслідок того, що сума довжин  $l_i$  усіх  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 не перевищує периметр  $P$  камери згорання 5 в перерізі А-А окружного напрямку 13 розташування великих осей 12 еліпсів

зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9,  $\sum_{i=1}^n l_i \leq P$ , унеможливлено перекривання між собою зовнішніх поверхонь 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9, що забезпечує мінімальні достатні розміри низькотеплопровідних ділянок 9  $i$ , тому,

мінімальну вартість конструкції. Дотримання конструктивної вимоги  $\sum_{i=1}^n l_i \leq P$  відповідає якісній організації робочого процесу двигуна з об'ємно-плівковим сумішоутворенням, що передбачає запобігання з'єднанню плям паливних плівок, утворених різними струменями палива від різних отворів 2 розпилювача форсунки 1, що забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згорання. А перекривання між собою зовнішніх поверхонь 10 низькотеплопровідних ділянок 9 за відсутності з'єднання плям паливних плівок, утворених різними струменями палива, призводить до збільшення вартості виготовлення низькотеплопровідних ділянок 9 та збільшення вартості конструкції поршня 3.

Внаслідок того, що товщина  $t_i$  кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9, що є відстанню від зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідних ділянок 9 до поверхні контакту 14 між матеріалом низькотеплопровідної ділянки 9 та матеріалом власного тіла 4 поршня 3, зменшується від найбільшої товщини  $t_{max}$   $i$  в положенні фокусу  $F1$  еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 до нуля на зовнішньому контурі 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9, товщина  $t_i$  кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 утворює поверхню контакту 14 між матеріалом низькотеплопровідної ділянки 9 та матеріалом власного тіла 4 поршня 3 так, що найбільша температура зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 знаходиться в зоні фокусу  $F1$  еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9, а на зовнішньому контурі 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 температура зовнішньої поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 є мінімальною і дорівнює температурі власного тіла 4 поршня 3.

Такий розподіл температур є узгодженим з розтіканням плям паливної плівки зовнішніми поверхнями 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9. Струмін палива, що розповсюджується від отвору 2 розпилювача форсунки 1 за напрямом осі 16, контактує із зовнішньою поверхнею 10 низькотеплопровідної ділянки 9 в зоні найбільшої температури зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9, тобто в зоні фокусу  $F1$  еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9, частково нагрівається та розповсюджується по зовнішній поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 у вигляді плями паливної плівки, яка при своєму русі від фокусу  $F1$  еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 до зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9 догрівається. До зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 кожної з  $n$  низькотеплопровідних ділянок 9, що мають мінімальну температуру, досягає мінімальна кількість палива, яка, відповідно, мінімально додатково догрівається. Наступні порції палива від паливного струменя, що виходить з отворів 2 розпилювача форсунки 1, також контактують із зовнішньою поверхнею 10

низькотеплопровідної ділянки 9 в зоні фокусу F1 еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 та найбільшої температури зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9, яка частково знизилась під час розповсюдження плями паливної плівки, та розташовуються в середній частині зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9, що має температуру, вищу за температуру зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9. Після завершення подачі палива крізь кожний з N отворів 2 розпилювача форсунки 1 формування плям паливних плівок завершується, паливні плівки рівномірно прогріваються та випаровується, що спричиняє якісне вигорання палива плям паливних плівок, зменшує обриви реакцій горіння палива на зовнішніх поверхнях 10 кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9, зменшує утворення продуктів неповного згорання та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях 10 низькотеплопровідних ділянок 9, що забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згорання при мінімальних достатніх товщинах низькотеплопровідних ділянок 9 і, тому, при мінімальній вартості конструкції.

Розподіл температур зовнішньою поверхнею 10 низькотеплопровідної ділянки 9 також зменшує перепади температур по поверхні контакту 14 між матеріалом власного тіла 4 поршня 3 та матеріалом кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9 і, відповідно, зменшує термічні напруження на поверхні контакту 14, що підвищує надійність конструкції поршня при мінімальних достатніх розмірах низькотеплопровідних ділянок 9 і, тому, при мінімальній вартості конструкції.

Найбільша товщина  $t_{\max i}$  кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9 в межах 0,1-0,5 мм забезпечує достатню найбільшу температуру зовнішніх поверхонь 10 кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9, що зменшує утворення продуктів неповного згорання та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях 10 низькотеплопровідних ділянок 9 при забезпеченні надійного зчеплення матеріалу низькотеплопровідної ділянки 9 з матеріалом власного тіла 4 поршня 3. Мінімальне значення найбільшої товщини  $t_{\max i}=0,1$  мм низькотеплопровідної ділянки 9 обумовлює забезпечення достатньої найбільшої температури зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідної ділянки 9 для достатності випаровування і якісного вигорання палива плями паливної плівки, що зменшує утворення продуктів неповного згорання та зменшує локальні нагароутворення на зовнішніх поверхнях 10 низькотеплопровідних ділянок 9, чим забезпечує покращення показників паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна внутрішнього згорання при мінімальних достатніх товщинах низькотеплопровідних ділянок 9 і, тому, при мінімальній вартості конструкції. Обмеження максимального значення найбільшої товщини  $t_{\max i}=0,5$  мм низькотеплопровідної ділянки 9 обумовлює забезпечення надійного зчеплення матеріалу низькотеплопровідних ділянок 9 з матеріалом власного тіла 4 поршня 3 по поверхні контакту 14.

Внаслідок того, що кожна з n низькотеплопровідних ділянок 9 виконана з  $\alpha$ -модифікації  $Al_2O_3$ , а власне тіло 4 поршня 3 з алюмінієвого сплаву, за рахунок високого рівня адгезії між матеріалом низькотеплопровідних ділянок 9 і матеріалом власного тіла 4 поршня 3 на поверхні контакту 14 досягається надійне зчеплення низькотеплопровідних ділянок 9 і матеріалу власного тіла 4 поршня 3. Внаслідок того, що кожна з n низькотеплопровідних ділянок 9 виконана з  $\alpha$ -модифікації  $Al_2O_3$ , також досягається комплекс потрібних показників зовнішньої поверхні 10 низькотеплопровідних ділянок 9, як то, низького коефіцієнта теплопровідності, стійкості до термоциклів та стійкості до ерозії від впливу високотемпературних газу і твердих частинок. Це забезпечує високу надійність конструкції поршня 3 при досягненні результату зменшення нагароутворення на бічній поверхні 7 камері згорання 5 поршня 3 в зонах формування та випаровування плям паливних плівок, тобто на зовнішніх поверхнях 10 кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9.

Низькотеплопровідні ділянки 9 можуть бути утворені, наприклад, методом гальваноплазмового оксидування алюмінієвого сплаву власного тіла 4 поршня 3.

Геометричні розміри  $h_i$ ,  $l_i$ ,  $t_i$ ,  $i=1...n$ , кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9 та положення фокусу F1 еліпса зовнішнього контуру 11 зовнішньої поверхні 10 кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9 на бічній поверхні 7 камери згорання 5 поршня 3 обирають з урахуванням форми і розмірів камери згорання 5, розташування розпилювача форсунки 1, кількості N отворів 2 розпилювача форсунки 1, напрямів осей 15 кожного з N отворів 2 розпилювача форсунки 1, циклової подачі палива кожним з N отворів 2 розпилювача форсунки 1, інтенсивності руху повітря в камері згорання 5 поршня 3. Зовнішні поверхні 10 двох поряд розташованих низькотеплопровідних ділянок 9 можуть бути оберненими одна до одної так, що до фокусу F1 однієї з низькотеплопровідних ділянок 9 може бути ближчим фокус F2 іншої низькотеплопровідної ділянки 9, як це зображено на фіг., або може бути ближчим фокус F1 іншої низькотеплопровідної ділянки 9. Зовнішня поверхня 10 кожної з n низькотеплопровідних ділянок 9 на розгортці бічної поверхні 7 камери згорання 5 поршня 3, що обмежена зовнішнім контуром 11 у вигляді еліпса, у граничному випадку може бути обмежена зовнішнім контуром 11 у вигляді окружності.

Таким чином, використання заявленого двигуна внутрішнього згорання з об'ємно-плівковим сумішоутворенням дозволяє зменшити локальне нагароутворення в камері згорання поршня в зонах

формування та випаровування плям паливних плівок, що покращує показники паливної економічності та емісії шкідливих викидів двигуна при забезпеченні надійної роботи поршня та мінімальної вартості конструкції.

Використання заявленої конструкції рекомендується до застосування як при створенні нових двигунів внутрішнього згоряння довільного призначення і їх модифікацій, так і на заміну відомих конструкцій поршнів для двигунів внутрішнього згоряння з об'ємно-плівковим сумішоутворенням, що знаходяться в експлуатації.

Джерела інформації:

1. Пильов В.В. Удосконалення опису зносу паливних струменів тангенційним вихором робочого тіла в об'ємі камери згоряння дизеля / В.В. Пильов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип.: Математичне моделювання в техніці та технологіях. - Харків: НТУ "ХПІ". - 2014. - № 6 (1049). - С. 169-175.
2. Марченко А.П. Знос паливних струменів в об'ємі камери згоряння тан-генційним вихором робочого тіла згідно удосконаленої математичної моделі / А.П. Марченко, І.М. Карягін, В.В. Пильов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип.: Транспортне машинобудування. - Харків: НТУ "ХПІ". - 2014. - № 14 (1057). - С. 67-71.
3. Двигуни внутрішнього згоряння: серія підручників у 6 томах. Т.1: Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин / А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф. Шеховцов. // ред.: А.П. Марченко, А.Ф. Шеховцов. - Харків: Прапор, 2004. - 384 с.
4. Патент US 4245611. Ceramic Insulated Engine Pstons, 1981 р.
5. Марченко А.П. Підвищення економічності бензинового двигуна на різних режимах роботи при застосуванні частково-динамічної теплоізоляції поршнів / А.П. Марченко, В.В. Шпаковський, В.В. Пильов // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Транспортне машинобудування. - Х.: НТУ "ХПІ", 2013. - № 32 (1005). - С. 106-110.
6. Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности / Ф.И. Абрамчук, А.П. Марченко, Н.Ф. Разлейцев и др.; ред. А.Ф. Шеховцов. - Киев: Техника, 1992. - 272 с.
7. Патент US 3911891. Coating For Metal Surfaces And Method For Application, 1975 р.
8. Шпаковский В.В. Внедрение поршней с корундовым слоем при ремонте дизелей тепловозов ЧМЭ-3 / В.В. Шпаковский // Двигатели внутреннего сгорания.-2013.-№2.-С. 112-115.
9. Патент US 2006/0207884. Method Of Producing Corundum Layer On Metal Parts, 2006 р.
10. Патент України на корисну модель № 132621. Двигун внутрішнього згоряння, 2019 р.

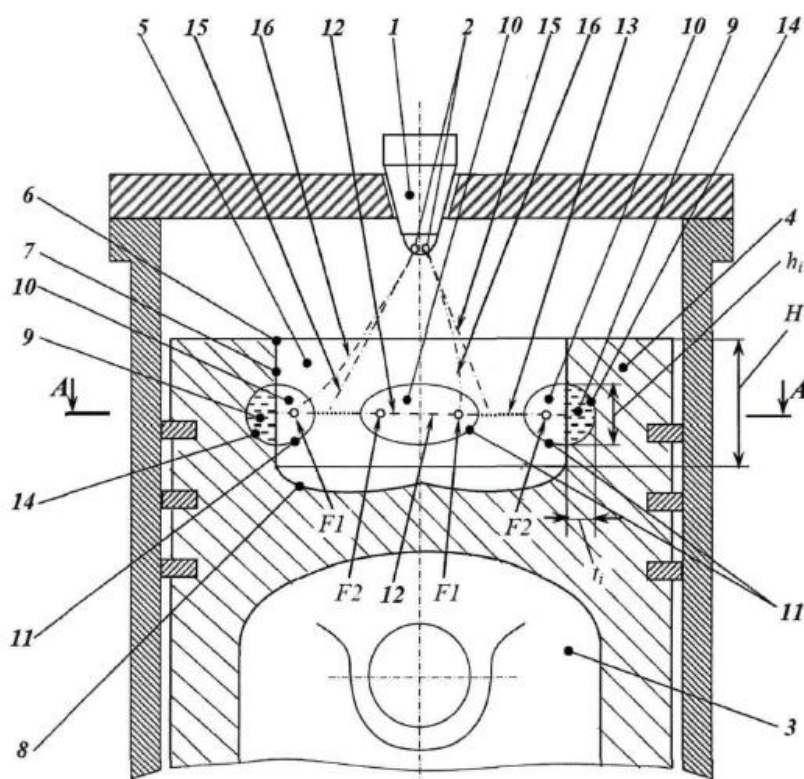
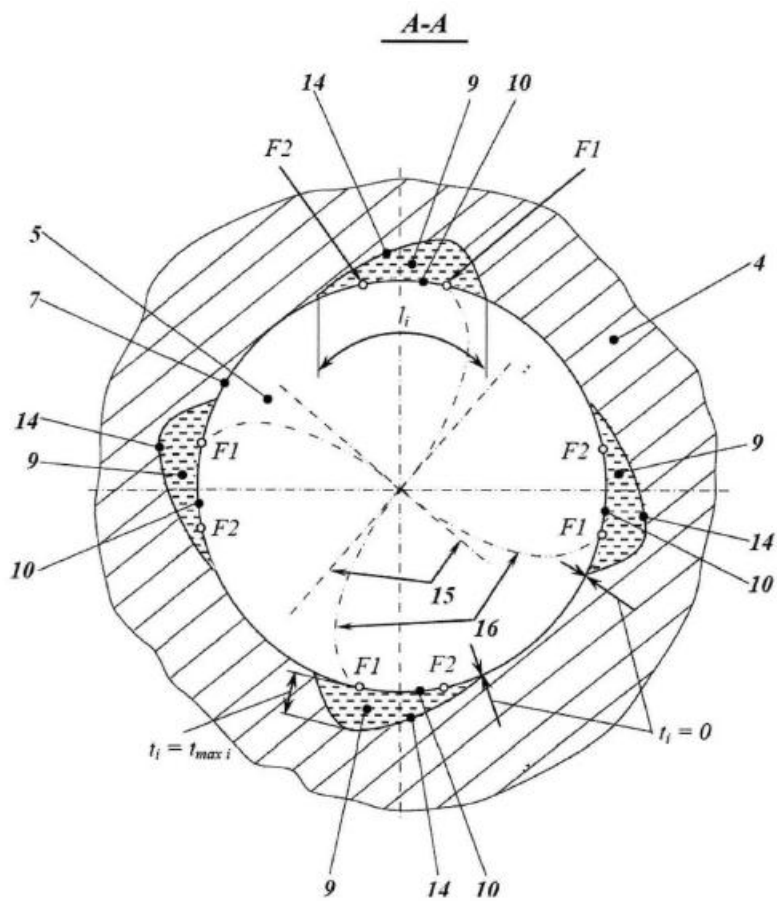
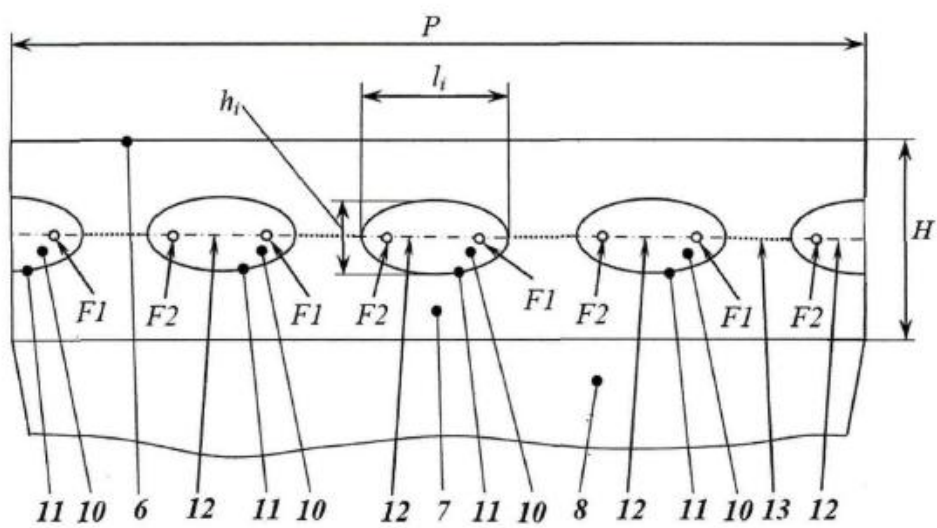


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3