

УДК 621.43.056

М.І. Міщенко, д-р техн. наук, В.Л. Супрун, асп., В.С. Шляхов, студ.

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСКУ ДЛЯ БЕНЗИНОВОГО ЧОТИРИТАКТНОГО ДВИГУНА

Вступ

У зв'язку з постійно зростаючими вимогами до економічності та екологічності автомобільних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) провідні автомобільні фірми змушені шукати нові рішення даного питання або вдосконалювати вже існуючі конструкції ДВЗ. Як відомо, одним зі способів підвищення показників економічності й екологічності двигунів є збільшення ступеня стиску двигунів на часткових режимах.

У науковій лабораторії автомобільно-дорожнього інституту (АДІ ДонНТУ) протягом багатьох років займаються розробкою й удосконаленням механізму зміни ступеня стиску для безштанного двигуна із кривошипно-кулісним механізмом (ККМ). Принципові схеми безштанного двигуна і механізму зміни ступеня стиску (МЗСС) розглядалися авторами статті в роботі [1].

Як показують попередні дослідження, застосування на автомобілі безштанного бензинового двигуна з МЗСС дозволить поліпшити паливну економічність на 30...40 %.

Мета статті – одержання розрахункових і експериментальних даних по механізму зміни ступеня стиску. Оцінка його швидкодії в умовах роботи бензинового ДВЗ.

Механізм зміни ступеня стиску

Існуючі механізми для зміни ступеня стиску дуже різноманітні: поворот і підйом блоку циліндрів [3, 4], установка ексцентриків у кривошипно-штанному механізмі (КШМ) [5, 6], додавання додаткових ланок у КШМ [7, 8], застосування нових силових механізмів [9, 10, 11], ПАРСС [12, 13] та ін. Але практично всі ці механізми мають головний недолік – великий час спрацьовування, а деякі з них – значну споживану потужність на керування.

Розроблений в АДІ ДонНТУ механізм зміни ступеня стиску [1] має набагато менший час спрацьовування, а потужність на керування становить не більше 50 Вт для двигуна потужністю 100 кВт.

Принципова схема МЗСС, розробленого стосовно безштанного чотиритактного двигуна із ККМ, представлена на рис. 1. Механізм має рухливий корпус 1, поршеньок 2, канали 3 для подачі масла до верхньої та нижньої порожнин і гідрозамки 4, що керують роботою механізму.

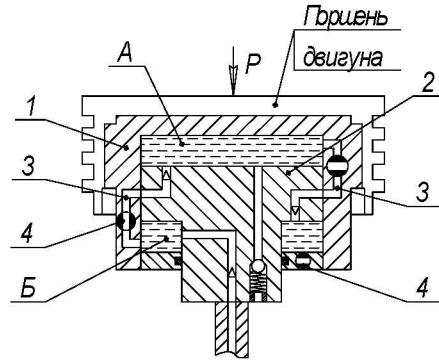


Рис. 1. Схема механізму зміни ступеня стиску: А – верхня порожнина; Б – нижня порожнина

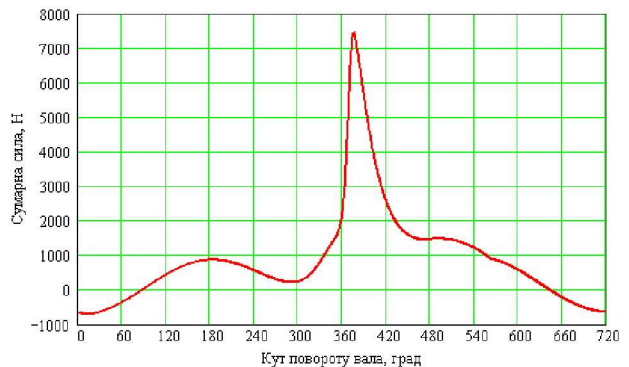


Рис. 2. Сумарна сила в функції кута повороту вала двигуна

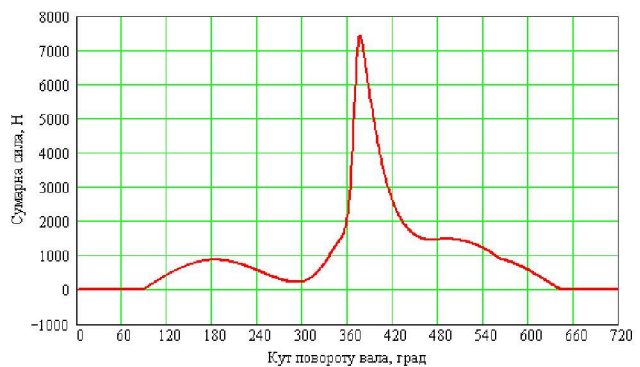


Рис. 3. Обмежена сумарна сила

Основне рівняння переміщення рухливого корпусу механізму, з'єднаного з поршнем двигуна, має вигляд

$$m_M \frac{d^2x}{dt^2} = P, \quad (1)$$

де m_M – маса механізму; x – переміщення рухливого корпусу; t – час переміщення рухливого корпусу; P – сумарна сила, що діє на механізм.

Сила P включає всі сили, що діють в механізмі: тиску газів, інерції, тертя, гідравлічного опору і т.п. Теоретичні дослідження даного МЗСС описані в роботах [1, 2].

Загальний вид розрахункової сумарної сили показаний на рис. 2. Так як механізм зміни ступеня стиску має зворотні клапани, то під час переміщення рухливого корпусу зверху вниз (зменшення ступеня стиску) на механізм буде діяти тільки позитивне значення сумарної сили (рис. 3).

Середнє значення сумарної сили для двигуна MeM3-245 становить $P=1280$ Н.

Безмоторна експериментальна установка

Для перевірки працездатності й одержання характеристик механізму зміни ступеня стиску була спроектована й виготовлена безмоторна установка (рис. 4). На цій установці попередньо було проведено налагодження й випробування на надійність механізму. Потім були зняті основні характеристики механізму: залежність часу спрацьовування від діючої на поршень результуючої сили і температури масла.

Крім того, був визначений час на збільшення ступеня стиску.



Рис. 4. Безмоторна установка

Зусилля, що прикладається до механізму зміни ступеня стиску, створюється механічним пресом 1. До механізму зміни ступеня стиску 2 підводиться масло під тиском від автономного масляного насоса 3, у якому передбачене регулювання тиску масла від 0,2 до 0,5 МПа. При спрацьовуванні механізму зверху вниз масло подається по трубці 4. Поворот і осьове переміщення рухливого корпусу механізму визна-

чаються за допомогою датчиків 5 і фіксуються на аналогово-цифровому осцилографі 6 моделі Pintek DS-303P, а також контролюються показчиками 7.

Безмоторна установка дозволяє випробовувати механізм як при постійному навантаженні (набір вантажів від 5 до 80 кг), так і при змінному навантаженні, що забезпечується за допомогою пружинного пристрою 8. Пристрій дозволяє імітувати тиск згоряння в циліндрі двигуна до 4–6 МПа. На безмоторній установці передбачено нагрів масла до температури 80°C.

Результати експериментів

Методика експерименту полягала в наступному: при зміні сили, що діє на механізм, визначався час спрацьовування механізму, тобто час опускання механізму між крайніми мертвими точками. Ця відстань становила 4 мм. Дана величина прийнята з розрахунку зміни ступеня стиску від 9,5 до 18,26 на двигуні MeM3-245 автомобіля «Таврія» при зміні ходу поршня на 4 мм.

Як видно з рис. 5, час спрацьовування механізму при збільшенні навантаження знижується у всьому діапазоні зміни температури масла, але з різною інтенсивністю. Так, при $P=40$ Н и збільшенні температури масла від 20 до 60°C час спрацьовування зменшується в 3 рази, а при $P=200$ Н – в 2,3 рази. При великій сумарній силі ця різниця практично не помітна, що дає можливість не використовувати в експерименті великі навантаження на механізм.

Експериментальні дослідження показали досить малий час спрацьовування механізму зміни ступеня стиску – 0,17 сек., що відповідає 4 мм переміщенню рухливого корпусу механізму. При такому часі спрацьовування механізму зменшення ступеня стиску, наприклад, з 10 до 9 відбувається за 0,039 сек. (за 1,6 робочого циклу при 5000 хв⁻¹), а при зменшенні ступеня стиску з 17 до 16 – за 0,012 сек. (за 0,5 циклу при 2000 хв⁻¹).

Також в експерименті визначався вплив температури масла на час спрацьовування (рис. 6). При збільшенні температури масла від 20 до 45°C час спрацьовування механізму суттєво змінюється в широкому діапазоні навантажень. При температурі масла в межах від 45 до 80°C час спрацьовування механізму змінюється повільно.

На рис. 7 показана осцилограма переміщення рухливого корпусу механізму. Лінія 1 характеризує поворот корпусу механізму на 30°, а нижня 2 – переміщення корпусу механізму вниз на 4 мм.

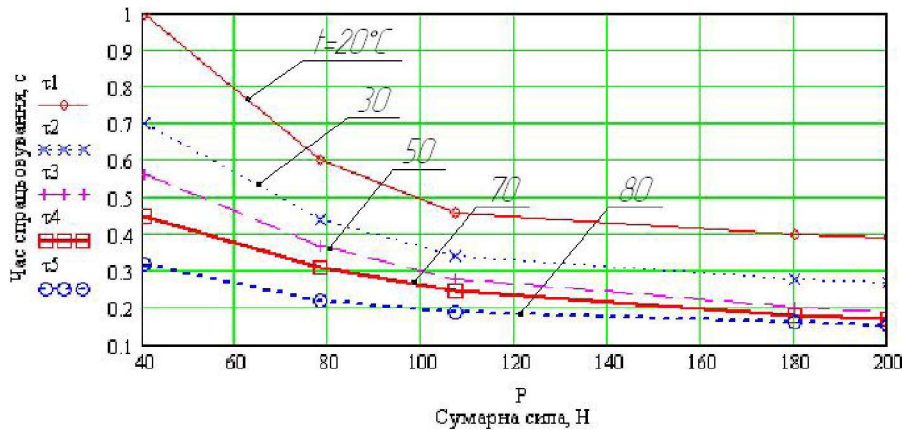


Рис. 5. Залежність часу спрацьовування τ від сумарної сили

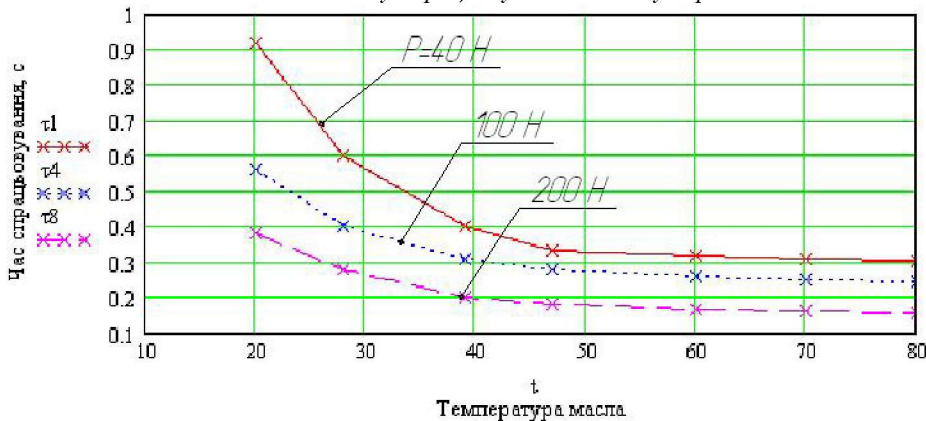


Рис. 6. Залежність часу спрацьовування τ від температури масла t (°C)

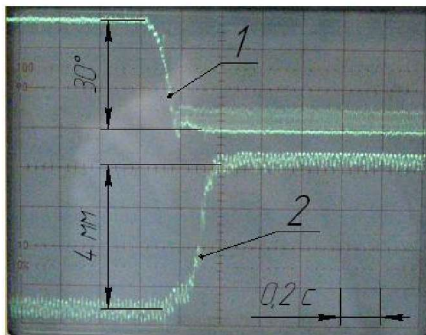


Рис. 7. Осцилограми переміщення рухливого корпусу механізму

Висновки

Проведені експерименти підтвердили працездатність механізму зміни ступеня стиску й показали його переваги над іншими механізмами за часом спрацьовування.

Надалі планується визначити вплив перерізу зливних каналів механізму на швидкість зміни ступеня стиску. Це пов'язане з тим, що при роботі двигуна немає необхідності зменшувати ступінь стиску до мінімального значення.

Список літератури:

1. Міщенко М. І. Теоретичні дослідження робочого процесу механізму зміни ступеня стиску в бензиновому двигуні / М. І. Міщенко, В.Л. Сутрун, В.В. Шинкаренко // Двигатели

внутреннего сгорания. – 2008. – №2. – С. 60 – 64. 2. Сутрун В.Л. Математична модель робочого процесу механізму зміни ступеня стиску для бензинового двигуна / В.Л. Сутрун // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.1. – 2007. – Вип. 15. – С. 137 – 140. 3. Saab: новые идеи в двигателестроении. // Авторевю. – 2000. – № 21. 4. Saab Variable Compression SVC-Variabilitat und Kontrolle, MTZ. 5. Kornprobst Heinz. Simulation des Kolbenting – Verhaltens in Motorbetrieb –Teil / Kornprobst Heinz, Zeilinger Klaus. // MTZ:Motortech. Z. – 1989. – 50. – №11. – S. 528–533. 6. Пат. 3861239 США, Internal combustion engine combustion control crankshaft / Edward M. McWhorter- Оубл. 21.01.1975. 7. Владимир Еремкин: Экспортный вариант [электронный ресурс] / Двигатель с изменяемой степенью сжатия из нами // Авторевю – 2002. – №2 – Режим доступа: http://www.autoreview.ru/new_site/year2002/n02/stepen/1.htm?phrase_id=4853640. 8. Пат. 2807105 Франция. Moteur a combustion interne, a rapport volumetrique et cylindree variables / Beroff Jacques; Оубл. 05.10.2001, Бюл. № 01/40. 9. Новости техники // Авторевю – 2005(327). – №2 – Режим доступа: <http://www.autoreview.ru/archive/2005/02/technews/index.php>. 10. Пат. 2786530 Франция. Dispositif de transmission mecanique pour moteur a cylindree variable / Rabhi Vianney. - Оубл. 19.01.2001.- Бюл. № 01/03. 11. Патент 2810696 Франция. Moteur a combustion interne a rapport volumetrique et cylindree variables / Beroff Jacques.- Оубл. 28.12.2001.- Бюл. № 01/52. 12. Grundy J. R. AVCR 1360-2 Hugh Specific Output Variable Compression Ratio Diesel Engine / J.R.Grundy, L.R. Kiley, E.A. Brevick // SAE-Paper. – № 760051. 13. Махалдиани В.В. Двигатели внутреннего сгорания с автоматическим регулированием степени сжатия / В.В. Махалдиани, И.Ф. Эджибия, А.М. Леонидзе. – Тбилиси: Мецниереба, 1973. – 269 с.