

УДК 621.43.056

М.І. МІЩЕНКО<sup>1</sup>, В.Г. ЗАРЕНБІН<sup>2</sup>, Т.М. КОЛЕСНІКОВА<sup>2</sup>,  
В.Л. СУПРУН<sup>1</sup>, М.А. БОНДАРЕНКО<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Автомобільно-дорожній інститут

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна

<sup>2</sup>Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,  
Дніпропетровськ, Україна

## РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСКУ В БЕЗШАТУННОМУ БЕНЗИНОВОМУ ДВИГУНІ

Коротко описана конструкція розробленого в АДІ ДонНТУ механізму зміни ступеня стиску в безшатунному бензиновому двигуні із кривошипно-кулісним механізмом. Експериментально досліджений вплив відносної площі прохідного перерізу гідрозамків, тиску і температури масла в механізмі зміни ступеня стиску на час спрацьовування механізму в умовах безмоторної установки. Знайдена між зазначеними параметрами прийнятна емпірична залежність, за допомогою якої проведені розрахункові дослідження. Відзначено, що механізм зміни ступеня стиску має значну швидкодію і гарну перспективу використання його в автомобільних бензинових двигунах.

**Ключові слова:** змінний ступінь стиску, безшатульний бензиновий двигун, механізм зміни ступеня стиску, час спрацьовування механізму, дослідження.

### Вступ

Регулювання ступеня стиску на часткових режимах роботи бензинового двигуна відомо давно як засіб істотного збільшення ККД робочого циклу [1 – 3].

У цей час підвищений інтерес до цього принципу обумовлений зростаючою необхідністю економії палива й зниження токсичності відпрацьованих газів – навіть якщо він поєднаний з ускладненням конструкції й розробкою спеціальної електронної системи регулювання ступеня стиску.

В АДІ ДонНТУ розроблений механізм зміни ступеня стиску (МЗСС) стосовно до безшатунного двигуна [4]. Опис конструктивної схеми МЗСС наведено в роботі [5], а його деякі теоретичні й експериментальні дослідження викладені в роботах [6, 7]. За останнім часом конструкція механізму вдосконалена, зокрема, змінена конфігурація гідрозамків, збільшена на 20% площа прохідного перерізу гідрозамків, установлені шарикові зворотні клапани замість голчастих.

Дана робота є продовженням виконаних раніше робіт з розробки МЗСС і присвячена дослідженню удосконаленого варіанта конструкції механізму.

Мета роботи, що є наступним етапом розробки МЗСС, полягає в експериментальному й розрахунковому дослідженні часу спрацьовування механізму в умовах безмоторної установки.

### Короткий опис МЗСС

Докладний опис конструкції МЗСС наведено в роботі [5]. Нижче коротко описана конструктивна схема МЗСС.

МЗСС (рис. 1) включає рухливий корпус 1,

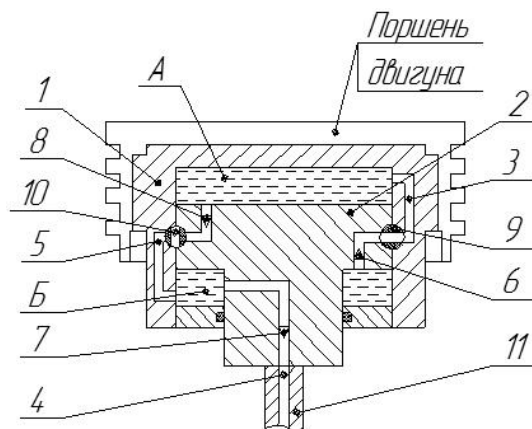


Рис. 1. Схема механізму зміни ступеня стиску

поршеньок 2, масляні канали 3, 4 і 5, зворотні клапани 6, 7 й 8, гідрозамки 9, 10 і масляні порожнини А і Б. Корпус жорстко з'єднаний з поршнем двигуна, поршеньок приєднаний до штока 11 кривошипно-кулісного механізму (на рис. 1 механізм не показаний). Подача масла в масляну порожнину Б здійс-

нюються із системи змащення двигуна по каналу 4.

Гідрозамки управляють роботою МЗСС. При повороті корпусу механізму відносно поршенька на певний кут змінюється площа прохідних перерізів гідрозамків і відповідно змінюється час спрацьовування МЗСС.

На рис. 2 показана конфігурація поперечного перерізу гідрозамків і взаємне положення їхніх отворів для трьох кутових положень рухливого кор-

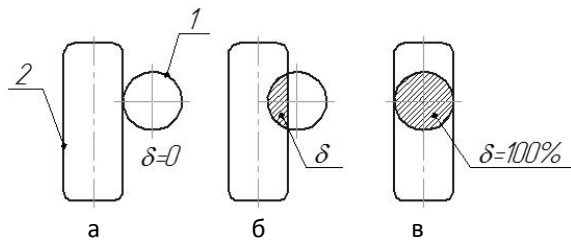


Рис. 2. Прохідний переріз гідрозамка при різних взаємних кутових положеннях рухомого корпусу і поршенька:

1, 2 – отвори у рухливому корпусі і поршеньку;  $\delta$  – відносна площа прохідного перерізу гідрозамка; а, б, в – положення отворів при різних кутах повороту рухливого корпусу

пуса відносно поршенька.

### Результати експериментів і їхня обробка

В одній статті практично неможливо привести всі експериментальні масиви основних і допоміжних змінних. Тому тут приводяться й обговорюються тільки деякі найбільш характерні залежності.

У таблиці, як приклад, представлені залежності часу спрацьовування механізму від відносної площі прохідного перерізу  $\delta$  гідрозамка й тиску  $p$  у масляній порожнині А (рис. 1).

Таблиця

Залежність часу спрацьовування  $\tau$  МЗСС від  $\delta$  і  $p$

$\delta, \%$	$p, \text{кгс/см}^2$				
	10	15	20	25	30
18	0,32	0,27	0,24	0,22	0,19
22	0,24	0,12	0,16	0,15	0,12
31	0,11	0,08	0,1	0,07	0,06
37	0,1	0,07	0,07	0,065	0,055
57	0,095	0,085	0,07	0,055	0,05
77	0,085	0,07	0,055	0,05	0,04
100	0,08	0,06	0,05	0,045	0,04

Характер зміни табличних даних, отриманих з дослідів, зобразимо за допомогою емпіричної залежності  $\tau = f(\delta, p, t)$ . Тут  $t$  – температура підігріву масла в масляних порожнинах МЗСС. Для знаходження цієї залежності був застосований графічний метод обробки дослідних даних.

Формула для визначення  $\tau$  має вигляд

$$\tau(\delta, p, t) = \tau_A(p, t) \left( \frac{\delta_A}{\delta} \right)^{m(\delta, p, t)}, \quad (1)$$

де 
$$m(\delta, p, t) = m_A(p, t) \left( \frac{\delta_A}{\delta} \right)^{d(p, t)}; \quad (2)$$

$$m_A(p, t) = m_B \left( \frac{p}{p_B} \right)^{v(t)}; \quad (3)$$

$$d(p, t) = d_B \left( \frac{p_B}{p} \right)^{s(t)}; \quad (4)$$

$$\tau_A(p, t) = \tau_B(t) \left( \frac{p_B}{p} \right)^{z(t)}; \quad (5)$$

$$z(t) = z_2 - \frac{t - t_2}{t_3 - t_2} (z_2 - z_3); \quad (6)$$

$$\tau_B(t) = \tau_2 - \frac{t - t_2}{t_3 - t_2} (\tau_2 - \tau_3); \quad (7)$$

$$s(t) = s_2 - \frac{t - t_2}{t_3 - t_2} (s_2 - s_3); \quad (8)$$

$$v(t) = v_2 - \frac{t - t_2}{t_3 - t_2} (v_2 - v_3). \quad (9)$$

Постійні коефіцієнти мають значення:

$z_2 = 0,7; z_3 = 0,6; t_2 = 20; t_3 = 50; s_2 = 0,75; s_3 = 0,58;$

$v_2 = 0,55; v_3 = 0,43; m_B = 0,3; p_B = 30; d_B = 0,55.$

Керовані фактори змінювалися в таких межах:

– відносна площа прохідного перерізу гідрозамка  $\delta = 0 \dots 100\%$ ;

– тиск у верхній масляній порожнині А механізму  $p = 10 \dots 120 \text{ кгс/см}^2$ ;

– температура у верхній масляній порожнині А механізму  $t = 20 \dots 90 \text{ }^\circ\text{C}$ .

На графіку (рис. 3) між двома змінними  $\tau$  і  $\delta$  та

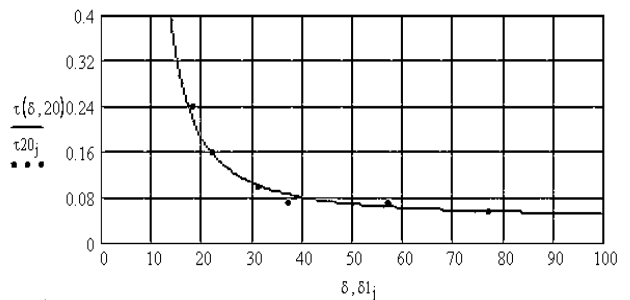


Рис. 3. Залежність часу спрацьовування  $\tau$  (с) від площі перерізу  $\delta$  (%) гідрозамка при  $p = 20 \text{ кгс/см}^2$  і  $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

двома постійними  $p$  і  $t$  відкладені точки, що відповідають табличним даним дослідів, і крива, побудована по формулі (1). Як видно, крива досить близько розташовується до експериментальних точок, що свідчить про достатню відповідність формули цим даним.

## Аналіз результатів

На рис. 4 – 7 побудовані розрахункові залежності часу спрацьовування  $\tau$  МЗСС від  $\delta$ ,  $p$  і  $t$ .

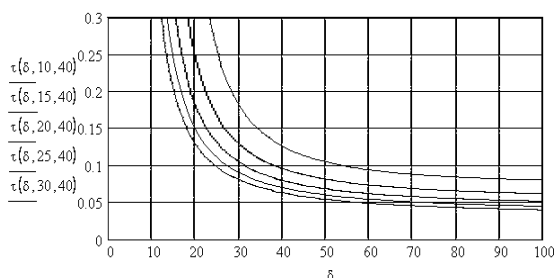


Рис. 4. Залежність  $\tau(с)$  від відносної площі прохідного перерізу  $\delta$  (%) гідрозамка при різних тисках  $p$  (кгс/см<sup>2</sup>) і  $t = 40$  °C

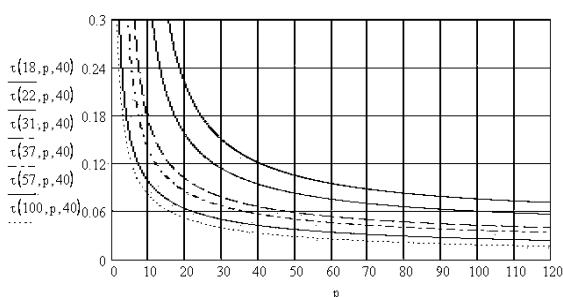


Рис. 5. Залежність  $\tau(с)$  від тиску  $p$  (кгс/см<sup>2</sup>) в масляній порожнині при різних відносній площі  $\delta$  (%) і  $t = 40$  °C

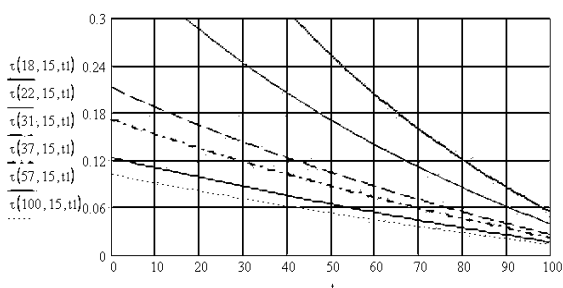


Рис. 6. Залежність  $\tau(с)$  від температури масла  $t$  (°C) в масляній порожнині А при різних відносній площі  $\delta$  (%) і тиску  $p = 15$  кгс/см<sup>2</sup>

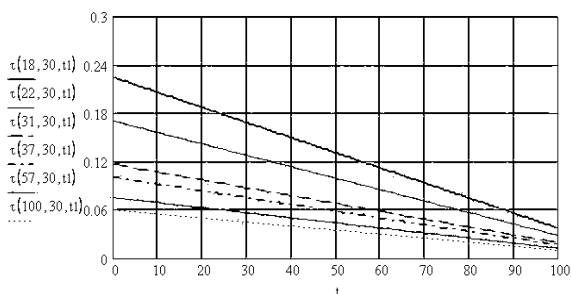


Рис. 7. Залежність  $\tau(с)$  від температури масла  $t$  (°C) в масляній порожнині А при різних відносній площі  $\delta$  (%) і тиску  $p = 30$  кгс/см<sup>2</sup>

У всіх досліджених робочих умовах спостерігається зменшення часу спрацьовування  $\tau$  МЗСС при збільшенні  $\delta$ ,  $p$  і  $t$ . З рис. 4 і 5 видно, що час спрацьовування  $\tau$  різко зменшується в діапазоні зміни  $\delta$  від 0 до 40% і зміни  $p$  від 0 до 30 кгс/см<sup>2</sup>. Подальше збільшення  $\delta$  і  $p$  мало впливає на  $\tau$ . Залежність  $\tau$  від температури  $t$  (рис. 6, 7) має інший характер. Нахил кривих свідчить про істотний вплив температури  $t$  у всій області її значень. Як видно з рис. 6 і 7 зв'язок між величиною  $\tau$  і  $t$  сильно змінюється залежно від умов роботи МЗСС (зміни  $\delta$  і  $p$ ).

## Висновки

Наведені результати вказують конструкторові й дослідникові на можливість одержання великої швидкості зміни ступеня стиску у двигуні при наявності МЗСС, розробленого в АДІ ДонНТУ.

Результати роботи також свідчать про сильний вплив  $\delta$  і  $p$  на час спрацьовування МЗСС в області малих їхніх значень. Це може говорити про те, що при незначних змінах площі прохідного перерізу гідрозамка і невеликому тиску масла в порожнинах забезпечується значна швидкодія МЗСС.

Отримані тут результати можуть бути використані проєктантами щонайменше як попередні дані при розробці МЗСС для бензинового двигуна.

## Література

1. Риккардо Г.Р. Быстроходные двигатели внутреннего сгорания / Г.Р. Риккардо. – М.: Машизгиз, 1960. – 412 с.
2. Махалдиани В.В. Двигатели внутреннего сгорания с автоматическим регулированием степени сжатия / В.В. Махалдиани, И.Ф. Эджибия, А.М. Леонидзе. – Тбилиси: Изд-во "Мецниереба", 1973. – 272 с.
3. Хуциев А.И. Двигатели внутреннего сгорания с регулируемым процессом сжатия / А.И. Хуциев. – М.: Машиностроение, 1986. – 104 с.
4. Мищенко Н.И. Нетрадиционные малоразмерные двигатели внутреннего сгорания. В 2 томах / Н.И. Мищенко. – Донецк: Лебедь, 1998. – Т.1. Теория, разработка и испытание нетрадиционных двигателей внутреннего сгорания. – 228 с.
5. Розробка основ оптимального проектування безшатунного бензинового двигуна зі змінним ступенем стиску; Отчет о НИР (заключит.) / АДІ ДонНТУ. – Д 13-06; № ДР 0106U001256. – Донецк, 2008. – 126 с.
6. Супрун В.Л. Математична модель робочого процесу механізму зміни ступеня стиску для бензинового двигуна / В.Л. Супрун // Вісник Національного транспортного університету. – 2007. – Ч.1. – С. 137-140.

7. Розрахунок та дослідження механізму зміни ступеня стиску для бензинового двигуна. Частина 1. Математична модель / М.І. Мищенко, А.В. Хім-

ченко, Т.М. Колеснікова, В.С. Шляхов // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2008. – № 1 (6). – С. 10-16.

Надійшла в редакцію 30.04.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Екологія та БЖД» С.П. Висоцький, Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «ДонНТУ», Горлівка, Україна.

### РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ИЗМЕНЕНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В БЕСШАТУННОМ БЕНЗИНОВОМ ДВИГАТЕЛЕ

*Н.И. Мищенко, В.Г. Заренбин, Т.Н. Колесникова, В.Л. Супрун, М.А. Бондаренко*

Кратко описана конструкция механизма изменения степени сжатия в бесшатунном бензиновом двигателе с кривошипно-кулисным механизмом, разработанная в АДИ ДонНТУ. Экспериментально исследовано влияние относительной площади проходного сечения гидрозамков, давления и температуры масла в механизме изменения степени сжатия на время срабатывания механизма в условиях безмоторной установки. Найдена между указанными параметрами приемлемая эмпирическая зависимость, с помощью которой проведены расчетные исследования. Отмечено, что механизм изменения степени сжатия обладает значительным быстродействием и имеет хорошую перспективу использования его в автомобильных бензиновых двигателях.

**Ключевые слова:** переменная степень сжатия, бесшатунный бензиновый двигатель, механизм изменения степени сжатия, время срабатывания механизма, исследования.

### IT IS SETTLEMENT-EXPERIMENTAL RESEARCH THE MECHANISM OF CHANGE OF THE DEGREE OF COMPRESSION IN CONROD-FREE THE PETROL ENGINE

*N.I. Mishchenko, V.G. Zarenbin, T.N. Kolesnikov, V.L. Suprun, M.A. Bondarenko*

The design, developed in ADI DonNTU, the mechanism of change of a degree of compression in non-connecting rod the petrol engine with transform the link-type mechanism is briefly described. Influence of the relative area of through passage section of hydrolocks, pressure and temperatures of oil in the mechanism of change of a degree of compression for the period of operation of the mechanism in conditions of engineless installation is experimentally investigated. Comprehensible empirical dependence by means of which are carried out settlement researches is found between the specified parameters. It is noted, that the mechanism of change of a degree of compression possesses significant speed and has good prospect of its use in automobile petrol engines.

**Key words:** a variable degree of compression, conrod-free the petrol engine, the mechanism of change of a degree of compression, time of operation of the mechanism, research.

**Мищенко Микола Іванович** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Автомобілі і двигуни» Автомобільно-дорожнього інституту ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Горлівка, Україна.

**Заренбін Володимир Георгійович** – д-р техн. наук, професор, зав. каф. «Експлуатація та ремонт машин» Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, Дніпропетровськ, Україна.

**Колеснікова Тетяна Миколаївна** – асистент каф. «Експлуатація та ремонт машин» Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, Дніпропетровськ, Україна.

**Супрун Володимир Леонідович** – асистент каф. «Автомобілі і двигуни» Автомобільно-дорожнього інституту ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Горлівка, Україна.

**Бондаренко Марія Андріївна** – студентка факультету «Автомобільний транспорт» Автомобільно-дорожнього інституту ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Горлівка, Україна.