

Колесникова Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, tnk1403@ukr.net

Шевченко Олег Володимирович, магістр, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, zatheev@ukr.net

Суботін Дмитро Юрійович, магістр, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, subbotin.dimon2013@gmail.com

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКОВО-ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ СТУПЕНЯ СТИСКУ БЕЗШАТУННОГО ДВИГУНА

Завданням теоретичного дослідження механізму зміни ступеня стиснення є визначення впливу параметрів двигуна на різних режимах роботи на швидкість зміни ступеня стиснення, яке характеризує швидкість зниження тиску в циліндрі двигуна для уникнення детонаційних процесів.

Для розв'язання поставленого завдання розроблено методику розрахунку швидкості зміни ступеня стиснення бензинового чотиритактного двигуна.

Для розрахунку бензинового двигуна зі змінним ступенем стиску потрібно враховувати те, що зміна ступеня стиснення відбувається на часткових режимах при навантаженні 20...80% від номінальної потужності двигуна N_e . Тому, для правильної оцінки та аналізу впливу різних параметрів двигуна на швидкість зміни ступеня стиснення, потрібно проводити тепловий розрахунок двигуна, його кінематичних і динамічних залежностей на різних режимах роботи двигуна для отримання середнього сумарного тиску в циліндрі двигуна. Це дає можливість розрахувати швидкість зміни ступеня стиснення, виходячи з геометричних і гідравлічних залежностей МІСС.

З експериментальних досліджень було отримано емпіричну залежність часу спрацьовування механізму від манометричного тиску, який еквівалентний середньому сумарному тиску в циліндрі двигуна. Така залежність дає змогу пов'язати відому методику розрахунку двигуна з розрахунком швидкості зміни ступеня стиснення, рис. 1.

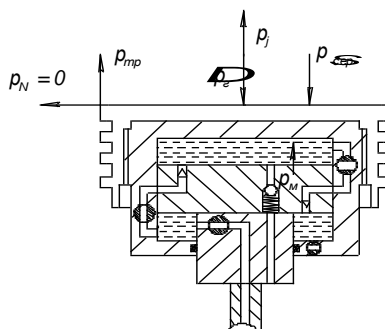


Рисунок 1 - Схема сил, що діють у безшатунному двигуні

Методика розрахунку. За результатами експериментальних досліджень [1] було отримано емпіричну залежність часу t спрацьовування від тиску p на зовнішній поршень механізму зміни ступеня стиснення двигуна.

$$t = 2,697(10p_{\Sigma})^{-0,6326}. \quad (1)$$

Середній сумарний тиск у циліндрі двигуна за цикл можна визначити за такою формулою

$$p_{\Sigma} = \Delta p_2 + p_j, \quad (2)$$

де Δp_2 – надлишковий тиск газів у циліндрі двигуна, МПа;

p_j – питома сила інерції руху маси поршня і маси рухомої частини механізму зміни ступеня стиснення, МПа.

Якщо відомий час спрацьовування механізму зміни ступеня стиснення (МІСС), можна визначити середню швидкість $V_{\text{мех}}$ переміщення рухомих частин МІСС, пов'язаних із поршнем двигуна, відносно частин МІСС, прикріплених до штока кривошипно-кулісного механізму.

$$v_{\text{мех}} = \frac{\Delta S_c}{t}, \quad (3)$$

де ΔS_c – відносне переміщення рухомих частин механізму зміни ступеня стиснення або зміна висоти камери згоряння двигуна.

Для визначення середньої швидкодії механізму час t його спрацьовування доцільніше розраховувати за середнім значенням сумарної сили p_m тиску масла у верхній порожнині МІСС за цикл.

Тоді

$$t = 2,697(10p_m)^{-0,6326} \quad (4)$$

Сила p_m тиску масла може бути знайдена з умови рівності тисків [2]

$$p_m = \frac{p_{\Sigma \text{ср}} F_n}{F_{\text{нв}}}, \quad (5)$$

де $p_{\Sigma \text{ср}}$ – середній сумарний тиск у циліндрі двигуна за цикл, МПа;

$F_{\text{нв}}$ – площа днища внутрішнього поршня МІСС, м^2 .

Середня сумарна сила $p_{\Sigma \text{ср}}$ є функцією кута повороту колінчастого вала і може бути знайдена чисельним інтегруванням

$$p_{\Sigma \text{ср}} = \int_0^{4\pi} \frac{p_{\Sigma}(\varphi) d\varphi}{4\pi}. \quad (6)$$

Поточне значення ступеня стиснення, тобто значення між тим, що встановлюється заводом-виготовлювачем, і оптимальним значенням для даного режиму роботи двигуна, визначатиметься

$$\varepsilon_x = \frac{V_h + V_c}{V_h},$$

де V_h – робочий об'єм циліндра, м^3 ; V_c – об'єм камери згоряння, м^3 .

Беручи до уваги всі наведені залежності, можна визначити швидкість зміни ступеня стиснення за секунду $v_{\varepsilon c}$

$$v_{\varepsilon c} = \frac{\frac{V_h + V_{c2}}{V_h} - \frac{V_h + V_{c1}}{V_h}}{t} = \frac{V_{c2} - V_{c1}}{t V_h}. \quad (8)$$

Враховуючи, що
$$\Delta S_c = \frac{V_{c2} - V_{c1}}{F_i} \quad (9)$$

маємо:

$$v_{\varepsilon c} = \frac{v_{mex}}{S}. \quad (10)$$

Також дуже важливим параметром є швидкість зміни ступеня стиснення за цикл $v_{\varepsilon c}$. Як відомо, один цикл у чотиритактному двигуні відбувається за два оберти колінчастого вала і тому:

$$v_{\varepsilon c} = \frac{120 v_{\varepsilon c}}{n}, \quad (11)$$

де n – частота обертання колінчастого вала двигуна, хв^{-1} .

Висновки

У результаті проведених теоретичних досліджень чотиритактного бензинового двигуна зі змінним ступенем стиснення отримано такі результати:

1. Отримано залежності, які пов'язують швидкість зміни ступеня стиснення з параметрами робочого процесу двигуна.

2. Розроблено методику розрахунку швидкості зміни ступеня стиснення в циліндрі чотиритактного бензинового двигуна на часткових режимах роботи.

3. Отримані аналітичні залежності дозволяють відстежити вплив основних параметрів двигуна зі змінним ступенем стиснення на швидкість зміни ступеня стиснення.

Література

2. Розрахунково-експериментальні дослідження механізму зміни ступеня стиску в безшатунному бензиновому двигуні / М. І. Міщенко, В. Г. Заренбін, Т. М. Колеснікова, В. Л. Супрун, М. А. Бондаренко // [Авиационно-космическая техника и технология](#). - 2011. - № 10. - С. 164–167. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2011_10_36

2. Махалдиани В.В., Эджибия И.Ф., Леонидзе А.М. Двигатели внутреннего сгорания с автоматическим регулированием степени сжатия. -Тбилиси: Мецниереба, 1973.-269 с.