

## ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД КЛАПАНІВ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Доктор технічних наук Філіппов А.З.,  
Атаманенко М.Є.,  
Топчій С.І.

**Постановка проблеми.** Регулювання потужності в двигунах з іскровим запалюванням при будь-якому сталому швидкісному режимі здійснюється шляхом кількісного регулювання, тобто зміною кількості паливо-повітряної суміші, яка потрапила в циліндр двигуна, при відповідному коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha$ . Іншими словами, коефіцієнт  $\alpha$  паливо-повітряної суміші в циліндрі двигуна залишається в першому наближенні постійним завдяки одночасній зміні подачі палива і повітря.

Із зменшенням навантаження при дроселюванні внаслідок погіршення процесу згоряння спостерігається погіршення економічності двигуна і збільшення токсичності.

Оскільки поширення полум'я в двигуні відбувається за законом турбулентного горіння, то одним із факторів удосконалення робочого процесу, в тому числі і на малих навантаженнях, є інтенсифікація турбулентності заряду в циліндрі двигуна у фазі горіння, яка до певної міри визначає швидкість згоряння і, як наслідок, економічність двигуна [1, 2].

Регулювання навантаження в двигунах з іскровим запалюванням дроселюванням свіжого заряду збільшує гідравлічний опір у впускному тракті двигуна, що оцінюється різницею між атмосферним тиском  $p_0$  і тиском у циліндрі  $p_c$ :

$$\Delta p_{\text{вн}} = p_0 - p_c, \quad (1)$$

Ця різниця незначна на повних навантаженнях через відсутність великих гідравлічних опорів і складає менше 1% середнього індикаторного тиску. Зі зменшенням навантаження  $\Delta p_{\text{вн}}$  зростає внаслідок прикриття дросельної заслінки. У результаті при неповному навантаженні частка насосних втрат становить до 5%, а на малих навантаженнях – до 15...20%. Це призводить до погіршення економічності двигуна в середньому на 5...15%.

На рис. 1 зображені теоретичні залежності швидкості заряду в дроселі  $w_{\text{др}}$ , трубопроводі  $w_{\text{тр}}$  і клапані  $w_{\text{кл}}$  залежно від положення дросельної заслінки  $f_{\text{др}}$ .

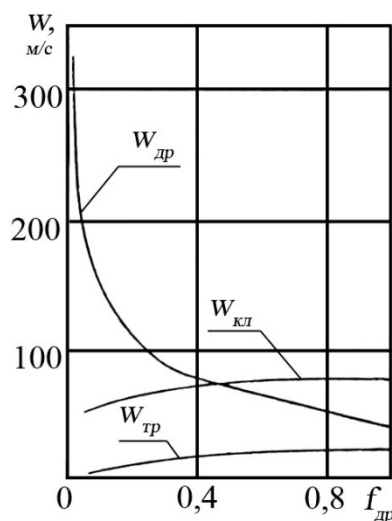


Рис. 1. Теоретична залежність швидкості свіжого заряду в дроселі  $w_{\text{др}}$ , трубопроводі  $w_{\text{тр}}$  і клапані  $w_{\text{кл}}$  від ступеня відкриття дросельної заслінки  $f_{\text{др}}$

З рисунку видно, що при дроселюванні свіжого заряду швидкість у клапані, на відміну від швидкості в дросельній заслінці, падає, кінетична енергія руху заряду, що надходить в циліндр, зменшується. При цьому швидкість заряду на виході з клапана не перевищує 80 м/с.

У випадку дроселювання свіжого заряду самим клапаном (при відсутності дросельної заслінки), швидкість у клапані змінюється так як у дроселі і на малих навантаженнях сягає критичних значень [3].

При витіканні газу через клапан внаслідок різкого розширення потоку і порушення впорядкованого струменевого руху газу з'являється турбулентність в циліндрі при всмоктуванні. Наявність інтенсивної турбулентності поблизу верхньої мертвої точки (ВМТ) – важлива особливість поршневого двигуна, що забезпечує інтенсифікацію турбулентності у фазі горіння. Результат – покращення паливної економічності двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

**Аналіз досліджень і публікацій показує**, що розробкою газорозподільних механізмів (ГРМ) з можливістю дроселювання свіжого заряду впускним клапаном займаються такі компанії як BMW, Volkswagen, Fiat, Honda, Toyota та ін. Привод клапанів в таких механізмах може бути електромеханічним, гідравлічним, електрогідравлічним, електричним.

В період 2005...2010 р. під керівництвом професора А.З. Філіппова, дослідження в цьому напрямку проводяться в Проблемній лабораторії перспективних двигунів та альтернативних палив Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Виклад основного матеріалу дослідження. При виборі оптимальної конструктивної схеми приводу клапанів ГРМ враховувались наступні вимоги:

- простота конструкції яка не вимагала б зміни конструкції головки циліндрів;
- можливість використання в розробленій конструкції деталей штатного ГРМ;
- простота монтажу і демонтажу приводу;
- можливість самостійного виготовлення деталей;
- простота регулювання ходу клапанів і можливість повного виключення з роботи окремих циліндрів.

При визначенні типу приводу, який би міг задовольнити вказаним вимогам, вибір було зупинено на гідравлічному приводі.

Гідравлічний привод забезпечує високу швидкодію і допускає значні зусилля при невеликих габаритах виконавчих органів (гідроциліндрів). Це, в свою чергу, дає змогу використати габарити існуючої головки циліндрів. Він легко регулюється по витраті робочої рідини, що має вирішальне значення для зміни ходу клапанів аж до повного їх виключення з роботи. В якості робочої рідини можна використати моторну оливу. Схема гідроприводу клапанів показана на рис. 2.

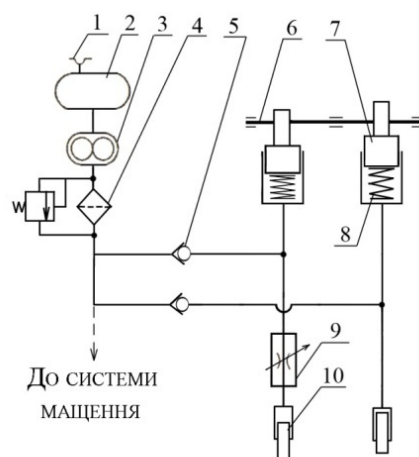


Рис. 2. Схема гідроприводу клапанів:

1 – сапун; 2 – місткість для оливи (піддон картера); 3 – насос системи мащення; 4 – масляний фільтр з перепускним клапаном; 5 – зворотний клапан; 6 – розподільний вал ГРМ; 7 – плунжер керування; 8 – пружина плунжера керування; 9 – дросель; 10 – робочий плунжер.

Агрегати гідроприводу встановлюються на головці циліндрів замість коромисел і регулювальних болтів ГРМ. До складу гідроприводу входять плунжери керування, зворотні клапани, дроселі і робочі плунжери.

Гідропривод працює наступним чином. При роботі двигуна олива з піддону картера 2 подається насосом 3 через фільтр 4 до системи мащення двигуна. З головної масляної магістралі олива через зворотні клапани 5 надходить у підплунжерні порожнини плунжерів керування 7. Рухаючись вниз під дією кулачків розподільного вала 6, плунжери 7 подають оливу під тиском до надплунжерних порожнин робочих плунжерів 10, які, переміщуючись вниз, відкривають клапани ГРМ.

Ступінь відкриття впускних клапанів регулюється шляхом перепуску частини оливи на злив за допомогою дроселя 9. При цьому кількість оливи, яка потрапляє в надплунжерну порожнину робочого плунжера впускного клапана, зменшується, що приводить до зменшення переміщення клапана. Хід клапанів змінюють залежно від необхідного режиму роботи двигуна. Загальний вигляд деталей дросельного пристрою показано на рис. 3.

Безмоторні і моторні випробування гідроприводу проводились на двигуні ВА3-2105. Вони засвідчили його працездатність. При безмоторних випробуваннях двигун приводився в дію випробувальним стендом при частоті обертання  $900\text{хв}^{-1}$ . Були визначені межі регулювання ходу клапанів, та встановлені фази газорозподілу двигуна. Вимірювання ходу клапанів виконувалось індуктивним вимірювачем переміщень з вихідним сигналом 0,5 В/мм.



Рис. 3. Загальний вигляд деталей дросельного пристрою:  
1 – контргайка; 2 – регулювальна голка; 3 – корпус дроселя.

Сигнал з індуктивного датчика вимірювача переміщень фіксувався USB осцилографом (рис. 4) і відповідав певному ходу клапана (таблиця 1):

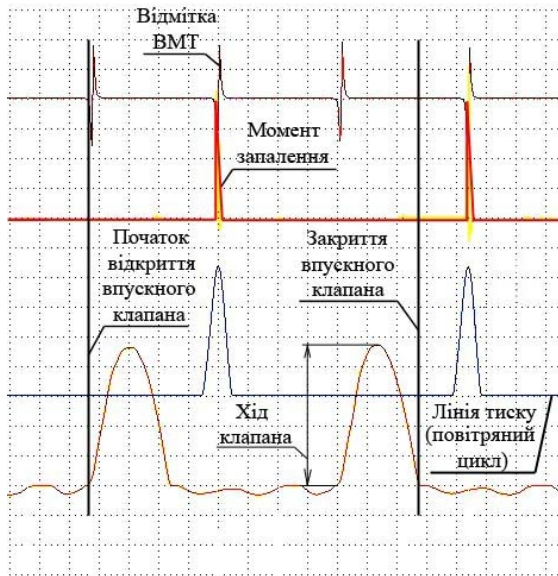
Таблиця 1

Залежність напруги індуктивного датчика від переміщення клапана

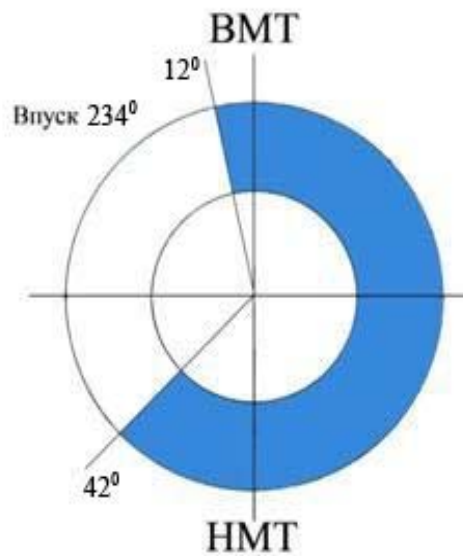
Напруга датчика, В	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Переміщення клапана, мм	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

При перевірці фаз газорозподілу також використовувався вимірювач переміщень. В процесі випробувань були встановлені фази газорозподілу впускного клапану максимально наближені до рекомендованих заводом виробником (рис. 4).

В процесі моторних випробувань були зняті характеристики холостого ходу при дроселюванні свіжого заряду заслінкою і клапаном. Випробування проводились на одному відсіку двигуна ВА3-2105 обладнаного карбюратором К-126Н з можливістю регулювання головного паливного жиклера первинної камери карбюратора.



а)



б)

Рис. 4. Установка фазы впускного клапана ГРМ: а – осциллограмма фаз; б - диаграмма фаз впускного клапана: клапан открывается за  $12^\circ$  п.к.в. до ВМТ, что соответствует рекомендациям завода.

При дроселировании заслінкою хід клапана становив 11мм. Двигун працював на суміші, отриманій після стандартного регулювання карбюратора.

При дроселиванні клапаном заслінка відкривалась повністю. Хід клапана змінювався за допомогою гідроприводу від 11 до 3 мм. Двигун працював на суміші, отриманій після регулювання головного паливного жиклера первинної камери карбюратора.

В обох випадках визначались витрата палива, повітря, токсичність відпрацьованих газів.

На рис. 5 наведена порівняльна характеристика холостого ходу при дроселиванні свіжого заряду заслінкою і клапаном.

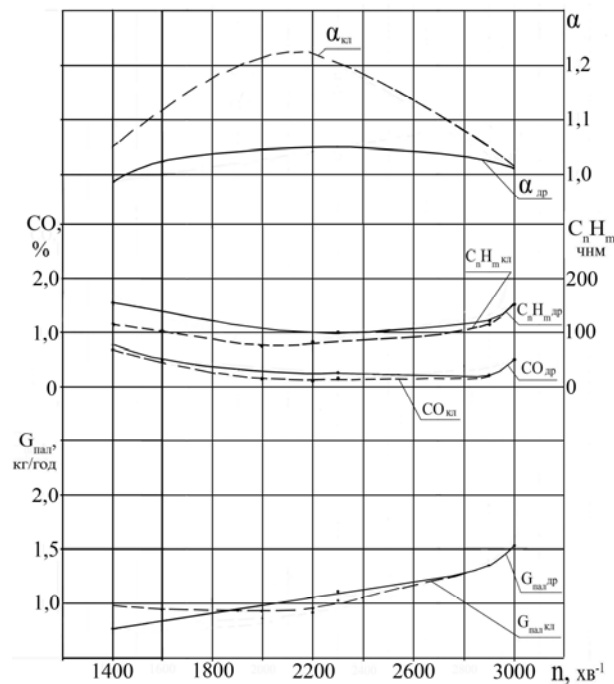


Рис. 5 Порівняльна характеристика роботи двигуна в режимі холостого ходу при дроселиванні заслінкою і клапаном: — — дроселивання заслінкою; ---- — дроселивання клапаном.

Як видно з графіків, регулюванням жиклера вдалося досягнути значного збіднення суміші при зменшенні ходу клапана. Двигун стійко працював при  $\alpha = 1,23$ . Стійка частота обертання колінчатого валу двигуна при роботі на одному циліндрі становила  $n = 1400 \text{ хв}^{-1}$ . У досить широкому діапазоні частот обертання спостерігається зменшення витрати палива в межах 5...15 % при зменшенні викидів оксиду вуглецю  $CO$  і не згорівших вуглеводнів  $C_nH_m$ .

**Висновки.** 1. Безмоторні і моторні випробування гідроприводу клапанів ГРМ виявили наступне:

- простоту і невисоку вартість виготовлення дросельного пристрою для регулювання ходу клапана;
- можливість забезпечення точності і рівномірності регулювання;
- простоту обслуговування (система не потребує регулювань у процесі експлуатації);
- простоту відключення окремих циліндрів двигуна або груп циліндрів;

2. Дроселювання свіжого заряду впускним клапаном дає можливість досягти значного збіднення суміші, що забезпечує зменшення витрати палива до 5...15 % і викидів шкідливих речовин.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях / Воинов А.Н. – М.: Машиностроение, 1977. – 277 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / [Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А., Ивин В.И. и др.] – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.
3. Свиридов Ю.Б. Особенности газодинамических процессов в двигателе при дроселировании наполнения / Свиридов Ю.Б. // Труды ЦНИТА. Выпуск 40, 41. 1969.