

Воронков О.І. д.т.н., проф., Нікітченко І.М. к.т.н., доц., Тесленко Е.В. , інж. Назаров А.О. , інж., Пасечник К.М. студ., Трофіменко Д.О. студ., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## ВПЛИВ КОМБІНОВАНОЇ КЛАПАННОЇ СИСТЕМИ ГРМ НА ІНДИКАТОРНІ ПОКАЗНИКИ ПНЕВМОДВИГУНА

Для гнучкого регулювання фаз повітророзподілу можливо застосовувати електромагнітне, гідравлічне, пневматичне й комбіноване керування клапанів.

Виходячи із проведених попередньо робіт [5,6] та аналізу літератури для даного етапу досліджень був обраний комбінований (електрогідравлічний привід для впускного клапану та кулачковий вал для випускного клапану). Це дозволяє не тільки покращити характеристики наповнення, але й здійснювати 2-х тактну роботу енергетичної установки.

Для проведення досліджень на базі чотирициліндрового ДВЗ 4Ч 9,2/9,2 створений поршневий пневмодвигун (ПД) з використанням одного (першого) циліндра, в якому використовувався клапанний повітророзподільний механізм [1,2,5].

Дослідний ПД в основному складається з базової комплектації, але також були змінені та встановлені деякі дослідні вузли та деталі (рис. 1):

- для переходу з чотиритактного в двотактний цикл, були змінені та виготовлені дві однакові шестірні ГРМ;
- для впускного клапана був виготовлений електрогідравлічний привід, випускний клапан керується кулачковим розподільним валом, як і в базовому двигуні;
- для першого циліндра ПД експериментально підібрані і виготовлені елементи системи впуску;
- встановлені прилади та датчики для фіксації результатів випробувань;
- за необхідністю вносилися зміни в інші деталі та вузли.

Була вибрана і удосконалена методика розрахунку системи електрогідроприводу клапана, що включає розрахунок його гідравлічної й електричної частин [3,4,6].

У результаті проведених розрахунково-експериментальних досліджень були отримані дані для виготовлення приводу, складено його технічну характеристику (рис. 2):

1. Хід штовхача клапана – 10,39 мм;
2. Зусилля, що розвивається штовхачем, не менш – 600 Н;
3. Параметри приводу при частоті спрацьовування  $f = 25$  Гц:
  - 3.1. Швидкість переміщення штовхача – 0,26 м/с;
  - 3.2. Споживана витрата робочої рідини – 4,5 л/хв;
  - 3.3. Тиск нагнітання насоса – 2,6 Мпа;
4. Параметри пропорційного електромагніту:
  - 4.1. Напруга постійного струму – 24 В;

- 4.2. Максимальний струм – 1 А;
- 4.3. Тривалість включення ПВ – 100 %.



Рисунок 1 – Експериментальний стенд для випробувань

Примітка: допустима частота спрацьовування пропорційного електромагніту 17 Гц при 3 ДБа, можливість підвищення частоти встановлюється експериментальним шляхом при стендових випробуваннях.

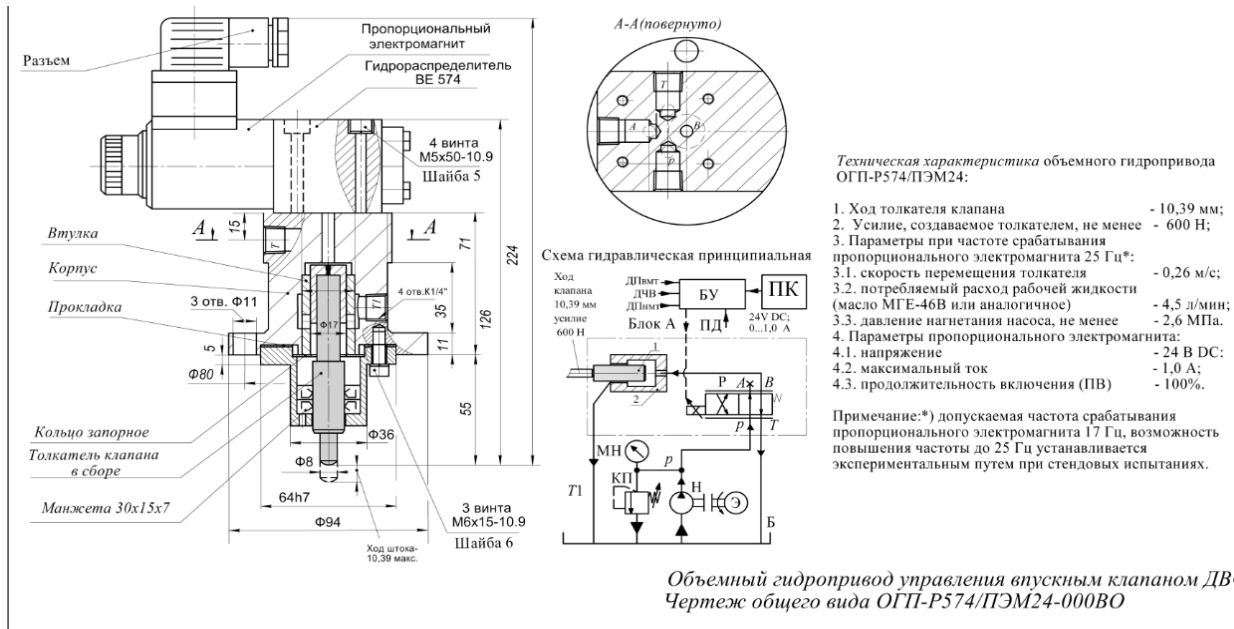


Рисунок 2 – Загальний вид об’ємного гідроприводу для керування впускним клапаном пневмодвигуна на базі ДВЗ

При проведенні випробувань даного ПД були зняті швидкісні характеристики при тиску стисненого повітря на впуску  $p_{вх}$  0,3; 0,5 і 0,7 МПа, (рис. 3).

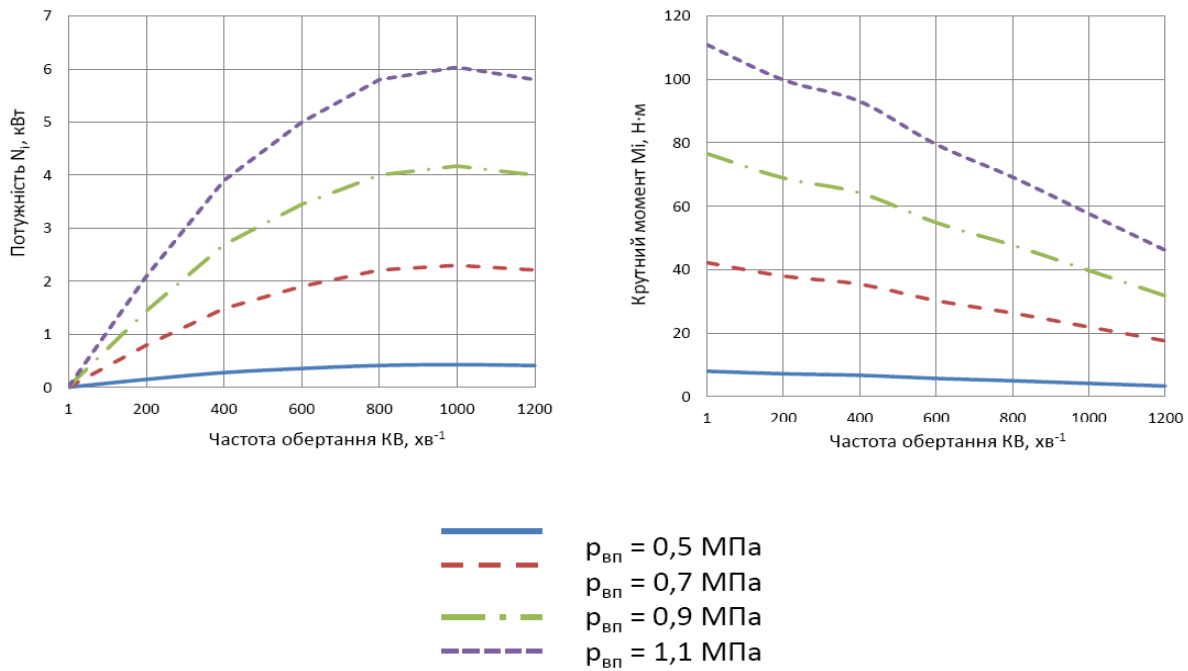


Рисунок 3 – Швидкісні характеристики за результатами випробувань

Для кожного значення тиску на вході  $p_{\text{вх}}$  визначали максимальну ефективну потужність і частоту обертання ПД, а також за даними вимірювань було знято експериментальні індикаторні діаграми, побудовано графіки та таблиці експериментальних даних для кожного режиму роботи.

Під час проведених експериментальних випробувань було отримано індикаторні діаграми.

Згідно отриманих індикаторних діаграм, представлених на рис. 4 та 5, визначені індикаторні показники.

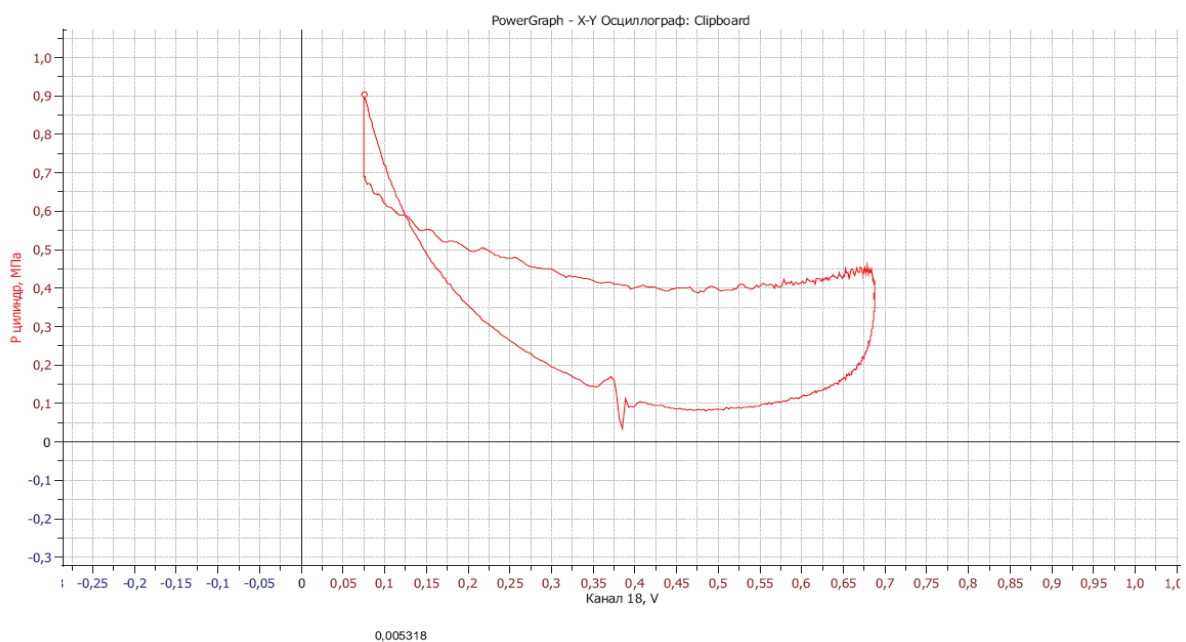


Рисунок 4 – Індикаторна діаграма ПД

З аналізу результатів проведених випробувань, а саме, за графіками та зображеннями індикаторних діаграм, можна дійти наступного висновку.

1. За рахунок застосування електромагнітного приводу впускного клапана і змінюючи фази на впуску (варіюючи кут початку відкриття, тривалість відкриття клапана та кут його закриття), можна на етапі досліджень підібрати найкращі фази повітророзподілу для впускного клапана.

2. Застосування приводу впускного клапану за допомогою розподільного валу не дає можливість змінювати тривалість фази випуску (тривалість відкриття впускного клапана за рахунок базового розподільного валу становить 100 градусів повороту колінчастого валу).

3. Зміна початку відкриття впускного клапану щодо НМТ шляхом повороту його відносно колінчастого вала суттєво не впливає на площу індикаторної діаграми.

4. При початку відкриття впускного клапана близько НМТ та його закритті через 100 градусів, відбувається зворотне стиснення, величина якого перевищує тиск впуску. При відкритті впускного клапану відбувається зміна повітряного потоку і повітря з більшим тиском попадає до впускного каналу. Це явище негативно впливає на площу індикаторної діаграми. Якщо закриття впускного клапану робити пізніше, то площа індикаторної діаграми суттєво зменшується.

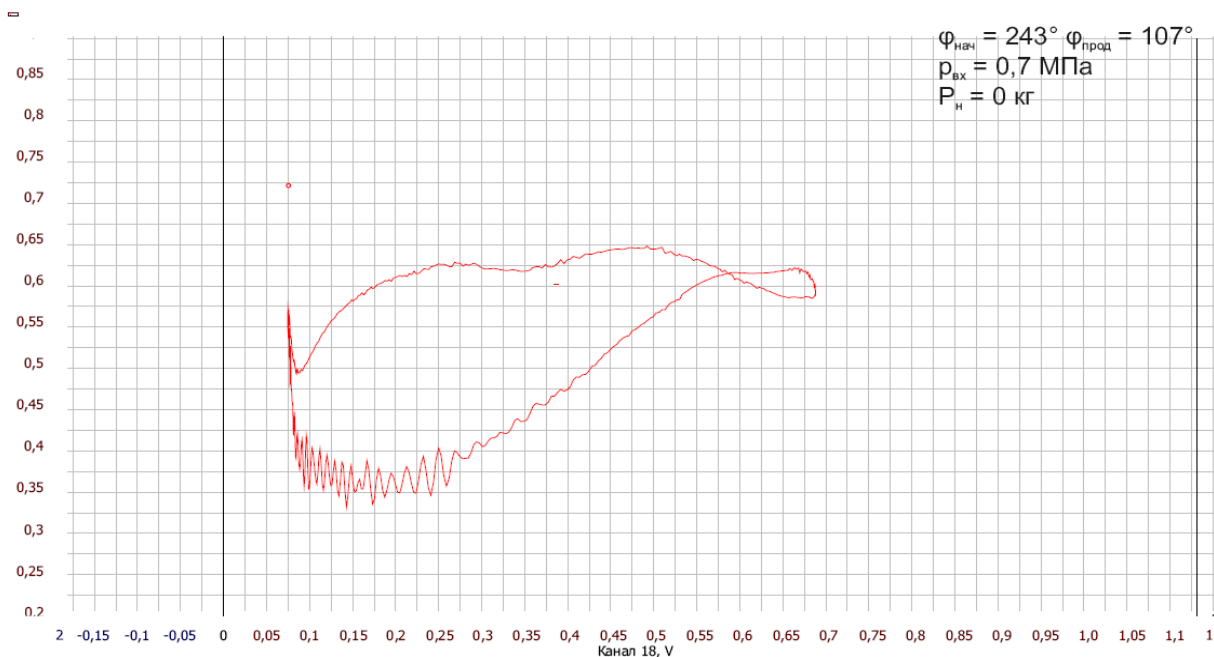


Рисунок 5 – Індикаторна діаграма ПД

За результатами проведених випробувань ми дійшли висновку, що для покращення індикаторних показників ПД, тобто, для отримання найбільшої площі індикаторної діаграми доцільно застосувати аналогічний впускному електрогидравлічний привід керування впускним клапаном, що дозволить провес-

ти дослідження по знаходженню оптимальних фаз повітророзподілу і надання подальших рекомендацій щодо виготовлення серійного розподільчого валу.

### Література

1. Абрамчук Ф.І. Стенд для випробування і дослідження пневмодвигунів / Ф.І. Абрамчук, О.І. Воронков, А.І. Харченко, С.С. Жилін, І.М. Нікітченко, В.С. Червяк // Двигатели внутреннего сгорания. – 2011. – №2. – С. 110–117.
2. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний: ГОСТ 14846-81 (СТ, СЭВ 765-77). – [Действительные от 24.06.1981]. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1984. – 54 с. (Государственный комитет СССР по стандартам).
3. Гидроприводы объемные и пневмоприводы. Часть 2. Объемные гидромашины и пневмомашины. Термины и определения (ДСТУ 3455.2-96). [Введен 1998-01-01]. – 60 с. – Державний стандарт України.
4. Аврунин Г.А. Гидравлическое оборудование строительных и дорожных машин: учебное пособие / Г.А. Аврунин, И.Г. Кириченко, В.Б. Самородов; под ред. Г. А. Аврунина. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 467 с.
5. Тесленко, Е. В. Экспериментальный стенд для дослідження автомобільних пневматичних двигунів з клапанним повітророзподілом / Тесленко Е. В. // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: зб. наук. тр. / М-во освіти та науки України; ХНАДУ; Харків, 2018. – Вип. 83. – С. 29-34
6. Воронков, О.І. Вибір схеми електрогідроавтоматики для керування впускним клапаном поршневого пневмодвигуна / О.І. Воронков, Г.А. Аврунін, І.М. Нікітченко, Е.В. Тесленко, О.А. Назаров // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету зб. наук. тр. /Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т; [редкол.: Богомолів В.О. (глав. ред.) та ін.]. - Харків: ХНАДУ, 2017. - Вип. 78. - С. 144-150.

Ловська Альона Олександрівна, докт. техн. наук, доцент,  
Український державний університет залізничного транспорту  
[alyonalovskaya.vagons@gmail.com](mailto:alyonalovskaya.vagons@gmail.com)

Фомін Олексій Вікторович, докт. техн. наук, професор,  
Державний університет інфраструктури та технологій  
[fomin1985@ukr.net](mailto:fomin1985@ukr.net)

### **СИТУАЦІЙНА АДАПТАЦІЯ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ В МІЖНАРОДНОМУ ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ**

Забезпечення сталого та безперебійного перевізного процесу можливе за умови технічної оснащеності транспортної галузі. Вже тривалий час залізничний транспорт є одним з найбільш перспективних та використовуваних видів