

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРШОГО КАСКАДУ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКІВ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

В статті запропоновано стенд для експериментальних досліджень першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків. Проведено порівняння характеристик визначених експериментально та на основі математичного моделювання. Отримані дані можуть бути використані в математичних моделях для проведення наступних досліджень.

### ВСТУП

Мобільні машини на базі гідроприводу використовуються в багатьох галузях промисловості для виконання робочих операцій різноманітного характеру. Застосування в сучасних мобільних машинах пропорційних електрогідравлічних розподільників забезпечує дистанційне, пропорційне керування робочим органом (РО), що підвищує точність позиціонування РО та дає можливість виконувати керування без прив'язки до конкретного розташування елементів гідравлічної системи [1].

Проте електрогідравлічна розподільна апаратура є складною та, в більшості випадків, має декілька каскадів керування, що зумовлює потребу в дослідженнях роботи кожного каскаду та їх взаємодії під час роботи.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Дослідження роботи гідросистем розглядається у великій кількості публікацій, зокрема авторів [1, 2]. Такі дослідження можливо виконати на етапі математичного моделювання, проте ряд характеристик потребують додаткових експериментальних досліджень, як для встановлення адекватності розроблених математичних моделей, так і для врахування характеристик, які не можливо визначити теоретично [3].

Метою роботи є експериментальне дослідження роботи першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками [4, 5].

Стенд (рис. 1) розроблений на базі насосної станції Г48-21. До складу експериментального стенда входять електрогідравлічний розподільник 1 із першим каскадом 2, блок керування електромагнітом БК, блок живлення БЖ із резистором змінного опору R та вольтметром В.

Керування пропорційним електромагнітом М1 виконувалось за допомогою блока живлення БЖ та резистора змінного опору R, через блок керування БКМ, який призначений для перетворення сигналу напруги в сигнал по силі струму, що сприймається пропорційним електромагнітом.

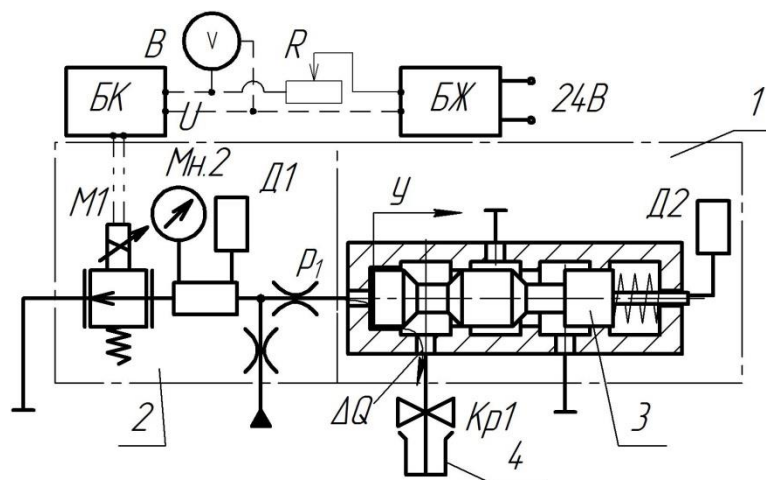


Рисунок 1 – Стенд для дослідження першого каскаду електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням

В ході експерименту встановлено вплив на час регулювання тиску керування  $p_1$  (тиск який впливає на швидкодію спрацювання золотника другого каскаду); величини площі  $f_2 = (2,0..3,5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  робочого вікна дроселя та значення коефіцієнта  $k_f = 2..3$  забезпечують мінімальний час регулювання.

В результаті порівняння експериментальних даних та даних, отриманих на основі математичного моделювання [5] (рис. 2), встановлено, що максимальна величина різниці часу регулювання тиску  $p_1$  від площі робочого вікна дроселя  $f_2$  не перевищує 11,8 %, для коефіцієнта  $k_f$  – не перевищує 16,4 %.

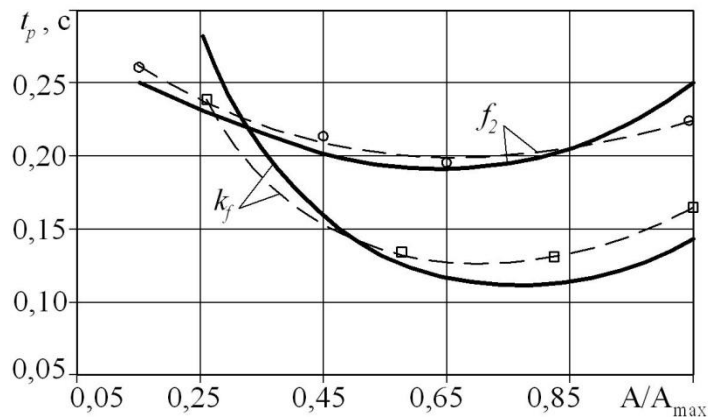


Рисунок 2 – Вплив  $f_2$  та  $k_f$  на час перехідного процесу (суцільна лінія – визначено на основі математичної моделі, штрихова – експериментально)

Значення гістерезису для координати переміщення у золотника другого каскаду відносно напруги керування  $U$ , розраховані за такою формулою:

$$\varepsilon_y = \frac{|y_{зв} - y_{пр}|}{y_{пр}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

Експериментальні значення гістерезису для координати переміщення у золотника другого каскаду відносно напруги керування  $U$  не перевищують 4,98 %. Зменшення значення гістерезису можна досягти за рахунок використання датчиків зворотного зв'язку, які зможуть фіксувати переміщення золотника другого каскаду чи РО, забезпечуючи також і підвищення точності позиціонування [6].

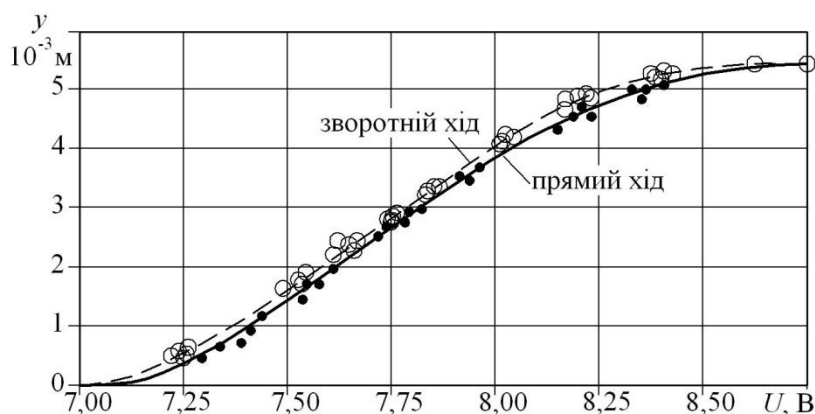


Рисунок 3 – Залежність координати переміщення золотника другого каскаду  $y$  від напруги керування  $U$  отримана експериментально (прямий хід – суцільна лінія, зворотний – штрихова лінія)

Стенд оснащено засобами для визначення втрат через діаметральний кільцевий зазор золотника другого каскаду 3. Для проведення даних досліджень використовувалась мензурка 4 [7], при цьому

вентиль Кр1 повертався в відкрите положення. Золотник другого каскаду встановлювався в робоче положення із мінімальним додатним перекриттям пари «золотник–корпус» (рис. 1).

Експериментальні залежності втрат потоку представлені на рис. 4. В ході досліджень виявлено, що втрати потоку із ростом тиску керування  $p_1$  та температури робочої рідини збільшуються та можуть впливати на характер руху золотника другого каскаду, швидкодію, гістерезис залежності  $y(U)$ .

При проведенні експериментальних досліджень тиск на вході системи керування становив 1,0 МПа.

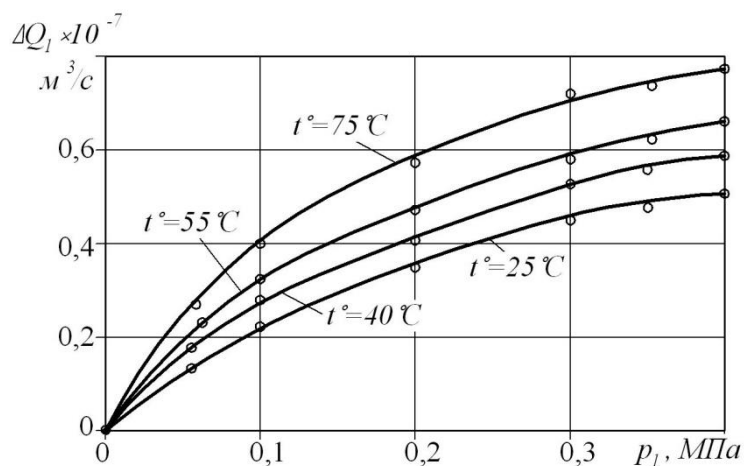


Рисунок 4 – Втрати потоку через кільцевий зазор золотника другого каскаду

За допомогою методу найменших квадратів зроблено апроксимацію експериментальних даних та отримано аналітичну залежність втрат через діаметральний кільцевий зазор від тиску керування та температури робочої рідини:

$$\Delta Q_1 = \frac{1}{6} \cdot (-2,846 + 6,676 \cdot p_1 + 6,478 \cdot p_1^2 + 3,678 \cdot p_1^3 + 0,123 \cdot t^\circ - 0,001 \cdot (t^\circ)^2) \cdot 10^{-7}, \quad (2)$$

де  $\Delta Q_1$  – втрати потоку,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $t^\circ$  – температура робочої рідини,  $^\circ\text{C}$ ;  $p_1$  – тиск рідини, МПа.

Залежність (2) враховано при створенні математичної моделі пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками.

#### ВИСНОВКИ

1. Розроблений стенд для експериментальних досліджень першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками.
2. Встановлено, що максимальна величина різниці часу регулювання тиску  $p_1$  від площі робочого вікна дроселя  $f_2$  не перевищує 11,8 %, для коефіцієнта  $k_f$  – не перевищує 16,4 %.
3. Експериментально визначено значення гістерезису для координати переміщення у золотника другого каскаду відносно напруги керування  $U$   $\varepsilon_y = 4,98$  %.
4. Запропоновано в конструкції використати датчики зворотного зв'язку, які зможуть фіксувати переміщення золотника другого каскаду чи РО, забезпечуючи зменшення значення гістерезису та підвищення точності позиціонування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козлов Л. Г. Особливості конструкцій гідророзподільників для гідросистем чутливих до навантаження / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський, В. А. Ковальчук, Ю. В. Дзісь // Промислова гідраліка і пневматика. – 2009. – № 1. – С. 80–84.
2. Жаров В. П. Моделирование и экспериментальные исследования гидромеханической системы со знакопеременной нагрузкой / В. П. Жаров, А. Т. Рыбак, Р. А. Фридрих // Вестник ДГТУ. – 2006. – Т. 6, № 1 (28). – С. 17–24.
3. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем : учебник для ВУЗов /

Д. Н. Попов. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1987. – 464 с.

4. Пат. 41887 України, МПК<sup>8</sup> F15B 11/00 Гідропривід з пропорційним електрогідравлічним управлінням / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський ; Заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – №u200900907 ; заявл. 06.02.2009 ; опубл. 10.06.2009, Бюл. №11.

5. Лозінський Д. О. Дослідження пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків / Д. О. Лозінський, Л. Г. Козлов // Промислова гідравліка і пневматика. – 2012. – № 3(37). – С. 60–65.

6. Лозінський Д. О. Дослідження пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків та стежною системою / Д. О. Лозінський, І. С. Михайловський, А. О. Наконечна // Вісник факультету машинобудування та транспорту. – 2016. – № 1. – С. 52–58.

7. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытаний: ГОСТ 20245-74. – М. : Издательство стандартов, 1975.

#### REFERENCES

1. Kozlov L. H. Osoblyvosti konstruktsii hidrorozpodilnykiv dlia hidrosystem chutlyvykh do navantazhennia / L. H. Kozlov, D. O. Lozinskyi, V. A. Kovalchuk, Iu. V. Dzis // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2009. – №1. – S. 80–84.

2. Zharov V. P. Modelyrovanye u jeksperimentalnye yssledovanyia hydromekhanicheskoi systemy so znakoperemnoi nahruzkoi / V. P. Zharov, A. T. Rybak, R. A. Frydrykh // Vestnyk DHTU.–2006. – Т6.– № 1 (28).– S.17–24.

3. Popov D. N. Dynamyka u rehulyrovanye hydro- y pnevmosystem. uchebnyk dlia vuzov, 2-e uzd. / D. N. Popov. – М. : Mashynostroenye – 1987. – 464 S.

4. Пат. 41887 України, МПК<sup>8</sup> F15B 11/00 Гідропривід з пропорційним електрогідравлічним управлінням / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський; Заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – №u200900907; заявл. 06.02.2009.; опубл. 10.06.2009, Бюл. №11.

5. Lozinskyi D. O. Doslidzhennia proportsiinoho elektrohivavlichnoho rozpodilnyka z nezalezhnym keruvanniam potokiv / D. O. Lozinskyi, L. H. Kozlov // Promyslova hidravlika i pnevmatyka. – 2012. – № 3(37). – S. 60–65.

6. Lozinskyi D. O. Doslidzhennia proportsiinoho elektrohivavlichnoho rozpodilnyka z nezalezhnym keruvanniam potokiv ta stezhnoiu systemoiu / D. O. Lozinskyi, I. S. Mykhailovskiy, A. O. Nakonechna // Visnyk fakultetu mashynobuduvannia ta transportu. – 2016. – № 1. – S. 52–58.

8. Гидроаппаратура. Правила приемки и методы испытания: ГОСТ 20245-74.– М.:Издательство стандартов.– 1975.

**Д. О. Лозінський<sup>1</sup>, А. О. Наконечна<sup>1</sup>, А. М. Білінський<sup>1</sup>, М. М. Лозінська<sup>1</sup>**

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРШОГО КАСКАДУ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКІВ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – перший каскад пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками.

Мета роботи – експериментальне дослідження роботи першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками.

Мобільні машини на базі гідроприводу використовуються в багатьох галузях промисловості для виконання робочих операцій різноманітного характеру. Застосування в сучасних мобільних машинах пропорційних електрогідравлічних розподільників забезпечує дистанційне, пропорційне керування робочим органом, що підвищує точність позиціонування та дає можливість виконувати керування без прив'язки до конкретного розташування елементів гідравлічної системи

Визначення ряду характеристик гідравлічної апаратури потребують додаткових експериментальних досліджень, як для встановлення адекватності розроблених математичних моделей, так і для врахування характеристик, які не можливо визначити теоретично

Запропоновано стенд для експериментальних досліджень першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоками. Проведено порівняння характеристик визначених експериментально та на основі математичного моделювання. Отримані дані можуть бути використані в математичних моделях для проведення наступних досліджень.

**Ключові слова:** експериментальний стенд, перший каскад, пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керуванням потоками.

*Лозінський Дмитро Олександрович*, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: lozinskiy\_dmitriy@ukr.net

*Наконечна Анна Олегівна*, студентка факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: anya\_nakonechna@gmail.com

*Білінський Андрій Миколайович*, студент факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: andriybilinskiy1997@gmail.com

*Лозінська Мальвіна Миколаївна*, технік кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tam.kafedra@ukr.net

**D. Lozinskiy<sup>1</sup>, A. Nakonechna<sup>1</sup>, A. Bilinskiy<sup>1</sup>, M. Lozinska<sup>1</sup>**

## **EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE PILOT VALVE OF ELECTROHYDRAULIC DIRECTIONAL CONTROL VALVE WITH INDEPENDENT FLOW CONTROL**

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

Target of the research - pilot valve of electrohydraulic directional control valve with independent flow control.

Aim of the research - experimental researches of the pilot valve of electrohydraulic directional control valve with independent flow control.

Mobile machines based on Hydraulic drive are used in many industries for performing different working operations. Using in modern mobile machines electrohydraulic proportional valves provides remote proportional control of working body, which improves positioning accuracy of working body and enables remote controlling without being tied to specific layout of the hydraulic system.

Determining the some of characteristics of hydraulic equipment require further experimental studies to determine both the adequacy of the developed mathematical models and to account for characteristics that can not be determined theoretically

Testing stand for experimental researches of the pilot valve of electrohydraulic directional control valve with independent flow control is designed. Characteristics determined experimentally was compared with based on mathematical modeling. The data can be used in mathematical models for next studies.

**Key words:** testing stand for experimental researches, pilot valve, electrohydraulic directional control valve with independent flow control.

*Lozinskiy Dmytro*, Ph. D., Ass. Professor, Ass. Professor of the Chair of Machine-building technologies and Automation, Vinnitsia National Technical University, e-mail: petrovov@ukr.net

*Nakonechna Anna*, student of the Faculty of machine-Building and Transport, Vinnitsia National Technical University, e-mail: anya\_nakonechna@gmail.com

*Bilinskiy Andrii*, student of the Faculty of machine-Building and Transport, Vinnitsia National Technical University, e-mail: andriybilinskiy1997@gmail.com

*Lozinska Malvina*, technician of the Chair of Machine-building technologies and Automation, Vinnitsia National Technical University, e-mail: tam.kafedra@ukr.net

Д. А. Лозинский<sup>1</sup>, А. О. Наконечная<sup>1</sup>, А. Н. Билинский<sup>1</sup>, М. Н. Лозинская<sup>1</sup>

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРВОГО КАСКАДА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАССРЕДЕЛИТЕЛЯ С НЕЗАВИСИМЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПОТОКАМИ

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

Объект исследования – первый каскад пропорционального электрогидравлического распределителя с независимым управлением потоками.

Цель работы – экспериментальное исследование работы первого каскада пропорционального электрогидравлического распределителя с независимым управлением потоками.

Мобильные машины на базе гидропривода используются во многих отраслях промышленности для выполнения рабочих операций различного характера. Применение в современных мобильных машинах пропорциональных электрогидравлических распределителей обеспечивает дистанционное, пропорциональное управление рабочим органом, что повышает точность позиционирования и дает возможность выполнять управление без привязки к конкретному расположению элементов гидравлической системы

Определение ряда характеристик гидравлической аппаратуры нуждается в дополнительных экспериментальных исследованиях, как для установления адекватности разработанных математических моделей, так и для учета характеристик, которые невозможно определить теоретически

Предложено стенд для экспериментальных исследований первого каскада пропорционального электрогидравлического распределителя с независимым управлением потоками. Проведены сравнения характеристик определенных экспериментально и на основе математического моделирования. Полученные данные могут быть использованы в математических моделях для проведения последующих исследований.

**Ключевые слова:** экспериментальный стенд, первый каскад, пропорциональный электрогидравлический распределитель с независимым управлением потоками.

*Лозинский Дмитрий Александрович*, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: lozinskiy\_dmitriy@ukr.net

*Наконечная Анна Олеговна*, студент факультета машиностроения и транспорта, Винницкий национальный технический университет, e-mail: anya\_nakonechna@gmail.com

*Билинский Андрей Николаевич*, студент факультета машиностроения и транспорта, Винницкий национальный технический университет, e-mail: andriybilinskiy1997@gmail.com

*Лозинская Мальвина Николаевна*, техник кафедры технологии и автоматизации машиностроения, Винницкий национальный технический университет, e-mail: tam.kafedra@ukr.net