

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРОСИСТЕМИ З НАСОСОМ ЗМІННОГО РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ ТА ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Спроековано та виготовлено електрогідролічний регулятор насоса на основі якого вдосконалюється гідросистема автомобілерозвантажувача. Для дослідження характеристик гідросистем створено експериментальний стенд.

Ключові слова: автомобілерозвантажувач, гідросистема, пропорційне керування, електрогідролічний регулятор, електромагніт.

Abstract

An electro-hydraulic pump regulator was designed and manufactured, on the basis of which the hydraulic system of the truck unloader is being improved. An experimental stand was created to study the characteristics of hydraulic systems.

Keywords: car unloader, hydraulic system, proportional control, electrohydraulic regulator, electromagnet.

Вступ

Сільськогосподарська галузь у світі активно використовує різні технології підвищення ефективності процесів. Одним із важливих завдань є перевезення зерна та культур з полів на базу без втрати якості та часу.

Автомобілерозвантажувач для зерна є спеціалізованим обладнанням, яке використовується для розвантаження зерна з вантажних автомобілів. Воно дозволяє значно скоротити час та зусилля при розвантаженні, а також забезпечує мінімальні втрати та збереження якості зерна. Автомобілерозвантажувачі широко застосовуються на сільськогосподарських підприємствах, складах та інших об'єктах, де є необхідність швидкої та ефективної переробки великих обсягів зерна.



Рисунок 1 - Автомобілерозвантажувачі

Автомобілерозвантажувачі бувають стаціонарні та пересувні (у тому числі самохідні), тупикові та проїзні. Авторозвантажувач складається з довгої платформи, на яку транспорт заїжджає цілком і фіксується системами безпеки. Вивантаження здійснюється через відкритий задній або бічний борт

кузова: силовий блок нагнітає тиск у гідроциліндри, які піднімають всю платформу або один із країв платформи - платформа піднімається до 38 градусів, спустошуючи кузов транспорту.

Зазвичай автомобілерозвантажувачі комплектуються гідросистемами, які оснащені нерегульованими насосами та релейними розподільниками. Під час піднімання та опускання платформи на гідроциліндри діє змінне навантаження в залежності від висоти платформи. Це призводить до нелінійності у швидкості процесів підйому та опускання платформи. Це є значним недоліком такої гідросистеми і, відповідно, негативно відображається на якості процесу роботи системи в цілому.

Розробка нових типів приводів та застосування сучасних технологій з пропорційним керуванням процесами дозволить суттєво покращити характеристики роботи, підвищити якість процесу та значно поліпшити технічний рівень гідросистем, які виготовляються на підприємствах України. Така робота тісно пов'язана з експериментальним дослідженням, а також випробуваннями нових рішень та схем гідросистем.

Метою даної роботи є проведення експериментальних досліджень гідросистеми з насосом змінного робочого об'єму та електрогідравлічним регулятором. В процесі роботи перевірялась роботоздатність, прогнозованість та ефективність електрогідравлічного регулятора.

Результати дослідження

Електрогідравлічний регулятор насоса було спроектовано та виготовлено. На його основі буде вдосконалюватися гідросистема автомобілерозвантажувача. Схема експериментального стенда для дослідження характеристик системи представлена на рисунку 2.

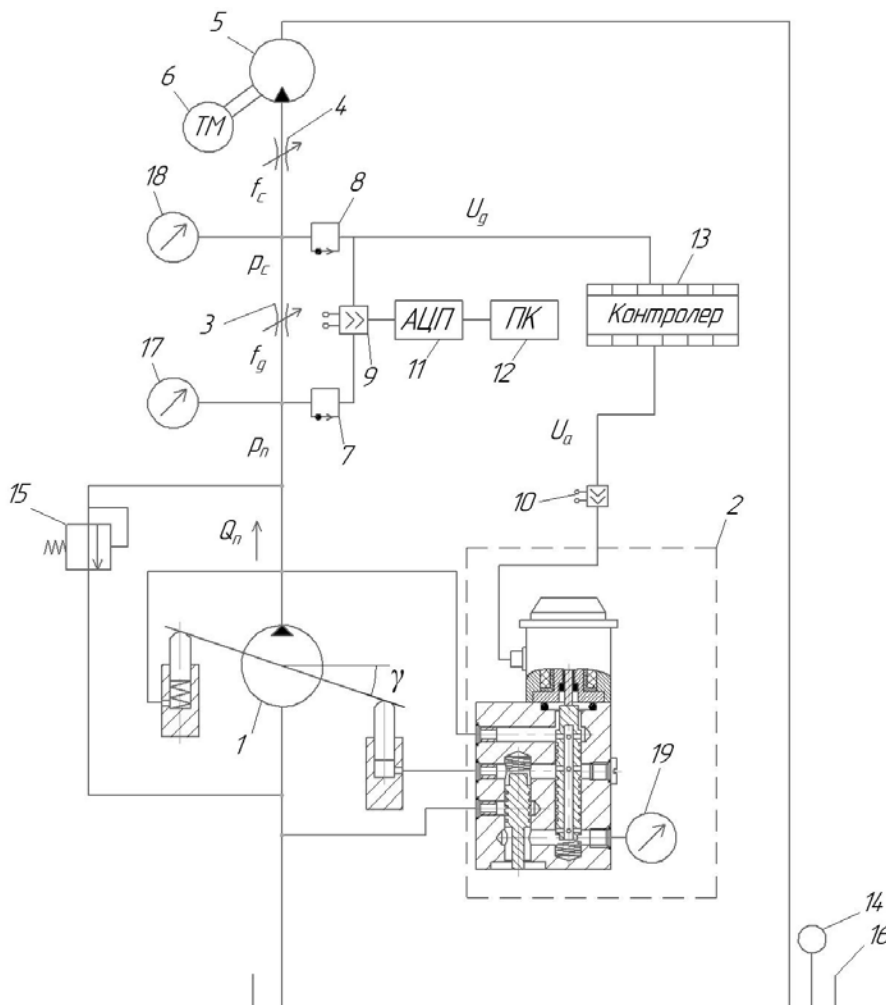


Рисунок 2 - Схема експериментального стенда

Експериментальний стенд складається з регульованого насоса 1, електрогідравлічного регулятора 2, дроселів 3 та 4, гідромотора 5 з тахометром 6, датчиків тиску 7 та 8, підсилювачів 9 та 10, аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 11, персонального комп'ютера (ПК) 12, контролера 13, термометра 14, запобіжного клапана 15, бака 16, манометрів 17, 18, 19.

Насос 1 подає робочу рідину через дроселі 3 та 4 до гідромотора 5. Площа f_g дроселя 3 визначає величину подачі Q_n насоса 1. Площа f_c дроселя 4 визначає величину тисків p_c та p_n на виході насоса 1.

Стенд обладнано датчиками тиску Nagano SML-20.0, які підключені у гідролінію. Датчики тиску передають сигнали через підсилювач 9 на АЦП L-Card E14-140-M, оброблюються та зберігаються в ПК. Програмне забезпечення LGraph відповідає за візуалізацію процесів.

Контролер 12 керує електромагнітом регулятора 2. Сигнал U_g від датчика тиску 7 передається на контролер, який використовує його у спеціальній програмі керування для формування потрібної величини вихідного сигналу U_a , який поступає на підсилювач 10 і далі передається на електрогідравлічний регулятор. Програма керування написана таким чином, що можна змінювати коефіцієнт підсилення вихідного сигналу U_a відповідно до вхідного сигналу U_g .

Частота обертання n гідромотора 5 фіксувалась за допомогою тахометра 14. Графік залежності на рисунку 3.

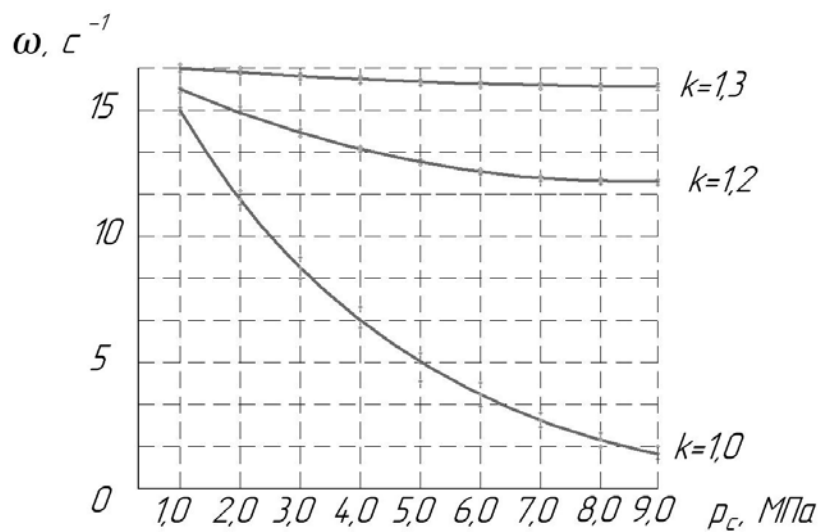


Рисунок 3 – Залежність частоти обертання n гідромотора від тиску в гідролінії p_c при різних значеннях коефіцієнту підсилення сигналу U_a

В ході дослідження також фіксувалась величина подачі Q_n , яку подає насос 1. Отримана залежність впливу величини тиску p_c на подачу Q_n . Графік представлено на рисунку 4.

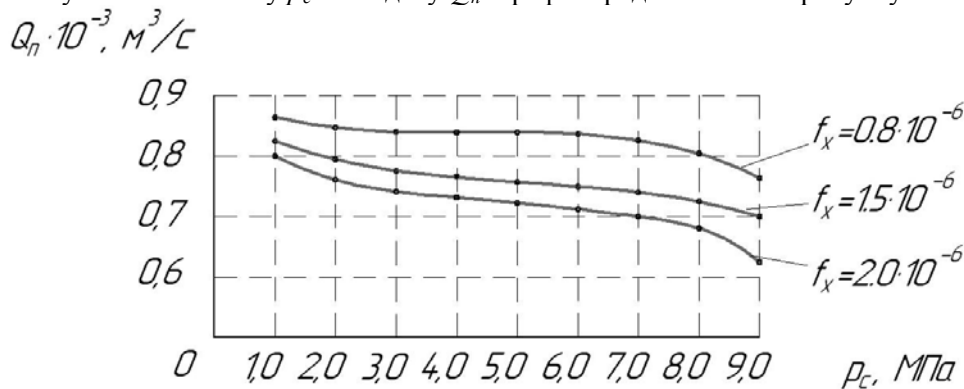


Рисунок 4 - Графік залежності впливу площі дроселя f_x на величину подачі насоса Q_n

Проаналізувавши отримані результати прийнято рішення розширювати функціональні можливості програми керування шляхом впровадження гнучкого налаштування для певних діапазонів та режимів роботи системи.

Спостерігається незначне зниження величини подачі Q_n насоса при наростанні величини тиску p_n . Зміна величини тиску p_c в діапазоні значень від 1,0 МПа до 9,0 МПа скорегувало налаштоване значення подачі $Q_n = 0,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ насоса 1 на величину відхилення $\Delta = 8\%$, при сталому значенні частоти обертання n гідромотора - $16,6 \text{ с}^{-1}$. Залежності представлені на рисунках 5 та 6.

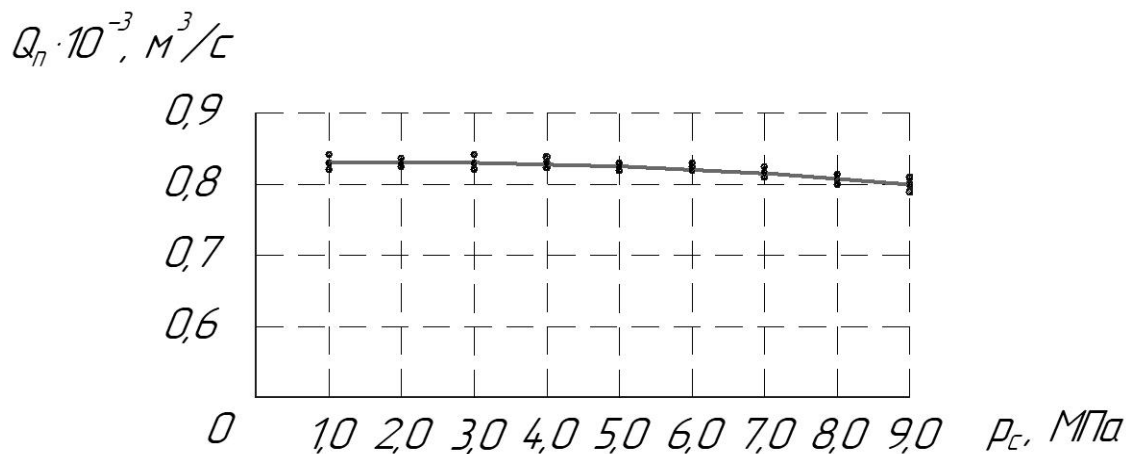


Рисунок 5 - Графік залежності величини подачі насоса Q_n від тиску в гідролінії p_c

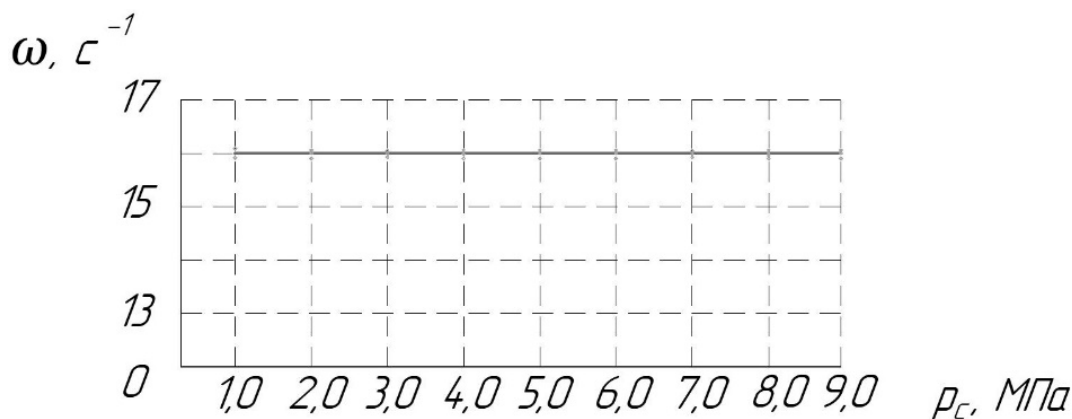


Рисунок 6 – Графік залежності частоти обертання n гідромотора від тиску в гідролінії p_c

Висновки

1. Гідросистема, оснащена розробленим регулятором є роботоздатною та енергоефективною;
2. Змінюючи величину тиску p_c на виході насоса 1 в діапазонах від $p_c = 1,0 \text{ МПа}$ до $p_c = 9,0 \text{ МПа}$ величина похибки стабілізації подачі Q_n насоса не перевищує $\Delta = 8\%$;
3. Час перехідного процесу тисків p_n та p_c при збільшенні величини навантаження не перевищував $t_p = 0,8 \text{ с}$, а при зменшенні величини навантаження час не перевищував $t_p = 0,6 \text{ с}$;
4. Розроблений електрогідролінійний регулятор насоса дає змогу пропорційного керування насосом в необхідному діапазоні зміни навантажень $p_c = (1,0 \dots 8,0) \text{ МПа}$ та подач $Q_n = (0,7 \dots 0,85) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Thanh Ha Nguyen. Working Performance Improvement of a Novel Independent Metering Valve System by Using a Neural Network-Fractional Order-Proportional-Integral-Derivative Controller / Thanh Ha Nguyen, Tri Cuong Do, Van Du Phan, Kyoung Kwan Ahn // Mathematics 2023, 11, 4819. <https://doi.org/10.3390/math11234819>.
2. Yang, J.; Liu, B.; Zhang, T.; Hong, J.; Zhang, H. Application of energy conversion and integration technologies based on electro-hydraulic hybrid power systems: A review. Energy Convers. Manag. 2022, 272, 116372.

3. Xu, B.; Cheng, M. Motion control of multi-actuator hydraulic systems for mobile machineries: Recent advancements and future trends. *Front. Mech. Eng.* 2018, 13, 151–166.

Товкач Артем Олегович – інженер кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: TovkachAO@gmail.com

Буткалюк Іван Вікторович — студент групи ІПМ–22м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Козлов Леонід Геннадійович – д. т. н., професор, завідувач кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osna2030@gmail.com

Tovkach Artem O. – Engineer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: TovkachAO@gmail.com

Butkaliuk Ivan V. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Kozlov Leonid G. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osna2030@gmail.com