

УДК 621.22

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У ГІДРОПРИВОДІ,  
ЧУТЛИВОМУ ДО НАВАНТАЖЕННЯ****О. В. Петров, Л. Г. Козлов, В. В. Тарасюк, О. В. Чорний**

Вінницький національний технічний університет

вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, Україна. E-mail: petrovov@ukr.net

Розроблено експериментальний стенд для проведення досліджень робочих процесів у гідроприводі, чутливому до навантаження, під час роботи у режимі регулювання витрати гідродвигуна. Враховуючи особливості даних гідроприводів, які полягають у підтримці постійної різниці тисків між навантаженим гідродвигуном та гідронасосом, що забезпечує незалежне від навантаження управління витратою, у експериментальному стенді передбачено реєстрацію значень тиску на відповідних ділянках схеми та витрати паралельно підключеного гідромотора. Реєстрація аналогово-цифрових сигналів робочих процесів з давачів проводиться за допомогою цифрового осцилографа та записом на персональний комп'ютер. Отримані результати досліджень дозволили визначити вплив значення зрівноважувального перепаду тиску на час перехідного процесу та величину перерегулювання за тиском у гідроприводі під час роботи у режимі регулювання витрати гідродвигуна.

**Ключові слова:** експериментальний стенд, гідропривод, перехідні процеси, давач тиску, осцилограф.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОПРИВОДЕ,  
ЧУВСТВИТЕЛЬНОМ К НАГРУЗКЕ****А. В. Петров, Л. Г. Козлов, В. В. Тарасюк, А. В. Чорний**

Вінницький національний технічний університет

ул. Хмельницкое шоссе, 95, г. Винница, 21021, Украина. E-mail: petrovov@ukr.net

Разработан экспериментальный стенд для проведения исследований рабочих процессов в гидроприводе, чувствительном к нагрузке, во время работы в режиме регулирования расхода гидродвигателя. Учитывая особенности данных гидроприводов, которые заключаются в поддержании постоянной разности давлений между нагруженным гидродвигателем и гидронасосом, что обеспечивает независимое от нагрузки управления расходом, в экспериментальном стенде предусмотрена регистрация значений давления на соответствующих участках схемы и расхода параллельно подключенного гидромотора. Регистрация аналогово-цифровых сигналов рабочих процессов с датчиков производится с помощью цифрового осциллографа и записью на персональный компьютер. Полученные результаты исследований позволили определить влияние значения уравнивающего перепада давления на время переходного процесса и величину перерегулирования по давлению в гидроприводе при работе в режиме регулирования расхода гидродвигателя.

**Ключевые слова:** экспериментальный стенд, гидропривод, переходные процессы, датчик давления, осциллограф.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** На етапі створення нової схеми гідроприводу, в тому числі і чутливого до навантаження, обов'язковим етапом є проведення досліджень на експериментальному стенді. Метою експериментальних досліджень є підтвердження працездатності розробленої схеми гідроприводу, вивчення робочих процесів та характеристик гідроприводу при зміні параметрів його роботи, а також порівняння характеристик гідроприводу аналітично розрахованих з отриманими експериментально [1-2].

Визначені, за допомогою експериментальних досліджень, динамічні та статичні характеристики гідроприводу є значно точніші за теоретично розраховані, оскільки враховують нелінійність багатьох факторів роботи реального гідроприводу. Тому для підвищення точності математичної моделі можна включати до складу її системи рівнянь залежності, які апроксимовані на підставі результатів експериментальних досліджень гідроприводу. Таким чином, розробка експериментального стенду для дослідження перехідних процесів у гідроприводі є актуальною науковою-технічною задачею [3-4].

Мета роботи - розробити експериментальний стенд для дослідження робочих процесів в гідроприводі, чутливому до навантаження, у динамічних та статичних режимах роботи. Технічні можливості стенду мають забезпечувати реєстрацію на персональ-

ному комп'ютері перехідних процесів зміни тиску та витрати на різних ділянках гідроприводу.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Для проведення експериментальних досліджень характеристик гідроприводу, чутливого до навантаження, розроблено спеціальний стенд, що дозволяє проводити дослідження робочих процесів в режимах розвантаження гідронасоса та регулювання витрати гідродвигуна [5].

Схема стенда включає такі основні складові: дослідний зразок гідророзподільника з переливним клапаном чутливим до зміни навантаження, систему живлення, систему навантаження та систему реєстрації.

До системи живлення стенда входять: основний гідронасос Н2 з робочим об'ємом  $q = 80 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ , допоміжний гідронасос Н1 з робочим об'ємом  $q = 100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ , напірні фільтри Ф1 та Ф2 (номінальна тонкість фільтрації до 25 мкм), запобіжний клапан КЗ1, що обмежує значення максимального тиску в гідроприводі в аварійних режимах, та бак Б. Як робоча рідина використовується мастило індустріальне И-50А (густина  $901 \text{ кг/м}^3$ , кінематична в'язкість при  $50^\circ\text{C}$   $47...55 \text{ сСт}$ ). Дослідний зразок гідророзподільника з переливним клапаном чутливим до зміни навантаження поданий схематично та позначений як Р1 [6-7]. Загальний вигляд дослідного зразка гідророзподільника Р1 показано на рис. 1.

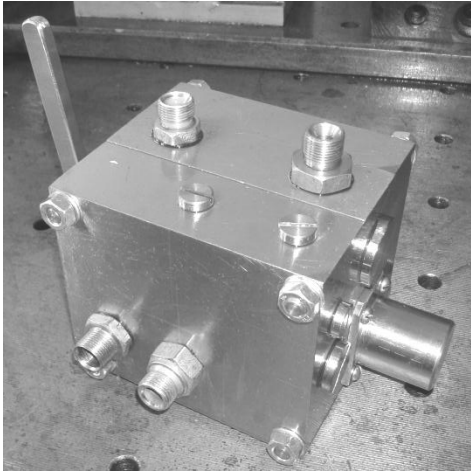


Рисунок 1 – Дослідний зразок гідророзподільника

Дослідний зразок гідророзподільника складається із двох секцій – запобіжно-переливної і робочої та кришки. На рис. 2 подана конструкція запобіжно-переливної секції гідророзподільника. Запобіжно-переливна секція містить корпус 1, в якому розміщений золотник 2, золотник 3, робоча камера 4, допоміжна камера 6, зливна камера 5, нагнітальний канал 7, зливний канал 8, нагнітальна камера 18, зливна камера 22 та пробка 24 з допоміжним дроселем 25. Золотник 2 з пружиною 9, пробками 10 та 11 утворюють переливний клапан, а золотник 3 із пружиною 12 та пробкою 13 – запобіжний клапан. Також золотник 2 містить демпфери 14 та 15, пружину 16 та плунжер 17.

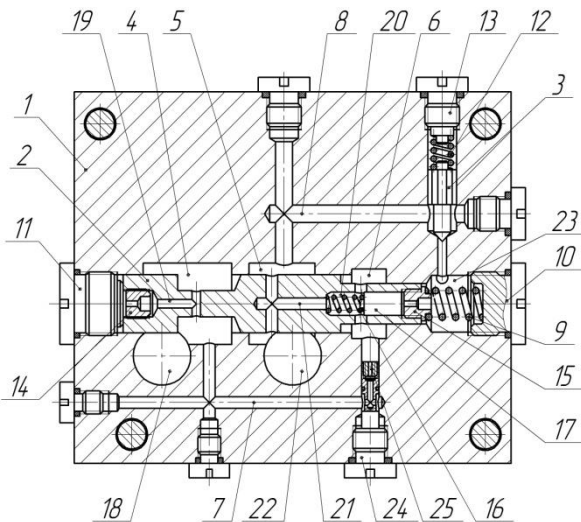


Рисунок 2 – Конструкція запобіжно-переливної секції дослідного зразка гідророзподільника

Запобіжно-переливна секція працює у чотирьох режимах: розвантаження гідронасоса, регулювання витрати гідродвигуна, максимальної витрати гідродвигуна та захисту гідроприводу від перевантаження.

У режимі розвантаження гідронасоса робоча рідина через нагнітальну камеру 18 надходить у робочу камеру 4 і по нагнітальному каналу 7 та через допоміжний дросель 25 у допоміжну камеру 6. При

цьому відбувається злив робочої рідини через робочу камеру 4 до зливної камери 5 і далі до зливної камери 22 внаслідок переміщенням золотника 2 праворуч в результаті подолання зусилля пружини 9 тиском гідронасоса  $p_H$ , що діє на торець золотника 2 між пробкою 11 та демпфером 14 через осьовий отвір 19. Також злив робочої рідини відбувається через допоміжну камеру 6 до зливної камери 5 у зливну камеру 22, через порожнину плунжера 20, що знаходиться у відкритому стані внаслідок перебування плунжера 17 в крайньому правому положенні під дією пружини 16.

У режимі регулювання витрати гідродвигуна робоча рідина під тиском  $p_{Ц}$ , що відповідає навантаженню на гідродвигуні, надходить до камери 23 і діє на золотник 2 переливного клапана, проникаючи через демпфер 15 і зміщуючи плунжер 17 у крайнє ліве положення. Знаходячись у крайньому лівому положенні, плунжер 17 перекриває злив робочої рідини через нагнітальний канал 7. Тиск  $p_H$ , що діє на золотник 2, врівноважується сумою тисків пружини 9, тиску на гідродвигуні  $p_{Ц}$  та тиску  $p_D$  у допоміжній камері 6, що відповідає тиску  $p_H$ . Таким чином підтримується врівноважувачий перепад тиску  $\Delta p$  у гідроприводі між тиском гідронасоса  $p_H$  та тиском підключеного гідродвигуна  $p_{Ц}$ . У випадку зменшення або збільшення навантаження на гідродвигуні  $p_{Ц}$  змінюється і тиск нагнітання  $p_H$ , але їх різниця залишається незмінною  $\Delta p = p_H - p_{Ц}$  і підтримується на робочому вікні розподільного золотника за допомогою переливного клапана завдяки пружині 9 та тиску у допоміжній камері 6.

У режимі максимальної витрати гідродвигуна на робочому вікні розподільного золотника гідророзподільника утворюється величина перепаду тиску  $\Delta p_p$ , що менша за величину  $\Delta p$  і визначається внутрішніми опорами в конструкції робочої секції. При цьому золотник 2 залишається закритий і весь потік робочої рідини проходить по нагнітальній камері 18 до робочої секції гідророзподільника.

У режимі захисту гідроприводу від перевантаження, значення тиску перевантаження передається в порожнину 23, де робоча рідина через демпфер 15 зміщує плунжер 17 у крайнє ліве положення, а також надходить до золотника 3 запобіжного клапана. Якщо тиск перевантаження перевищує зусилля пружини 12, то золотник 3 зміщується вгору, тим самим з'єднуючи порожнину 23 через зливний канал 8 із зливною камерою 5, що призводить до зменшення тиску в гідроприводі та зливу надлишкової рідини в зливну порожнину 22. При цьому золотник 2 також відкривається, забезпечуючи злив у бак надлишкової робочої рідини, що нагнітається гідронасосом.

Загальний вигляд дослідного зразку гідророзподільника у розібраному вигляді показано на рис. 3.

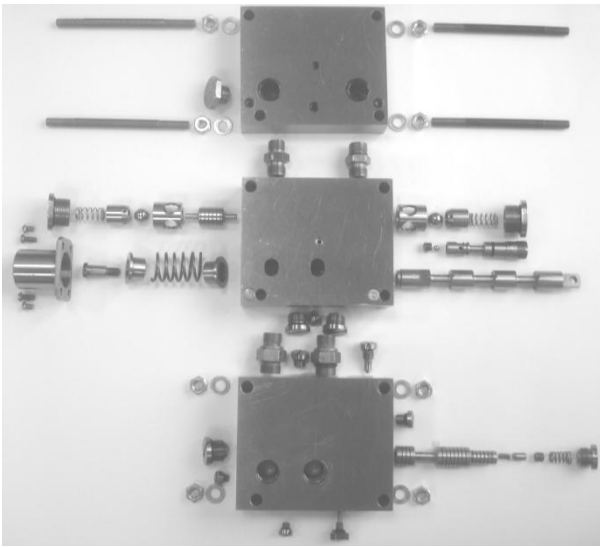


Рисунок 3 – Дослідний зразок гідророзподільника у розібраному вигляді

До системи навантаження входять: гідроциліндр Ц двосторонньої дії, шток якого сполучений із штокнуго Ш, яка шарнірно прикріплена до стояка С, вантаж В, величина якого може змінюватися, гідророзподільник дискретної дії Р2, регульований дросель Др1, що служить для імітації навантаження, та гідромотор М. Зменшення провідності регульованого дроселя Др1 забезпечує збільшення тиску в штоковій порожнині гідроциліндра Ц. Таким чином, при вмиканні гідророзподільника Р2 задається ступінчасте збільшення або зменшення навантаження на штоці гідроциліндра Ц.

До системи реєстрації входять: манометри Мн1-Мн6, тензометричні давачі тиску Д1 та Д2, тахогенератор постійного струму ТГ, тензостанція ТС, аналогово-цифровий перетворювач АЦП та персональний комп'ютер ПК [8].

Для фіксації кількості обертів вала гідромотора застосований тахогенератор постійного струму ТГП-1 (рис. 4).

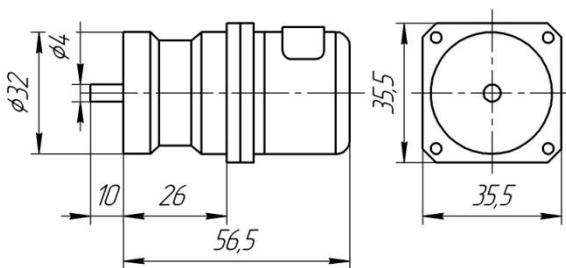


Рисунок 4 – Тахогенератор постійного струму ТГП-1

Значення тиску фіксувалися манометрами та тензометричними давачами тиску [9] (рис. 5).

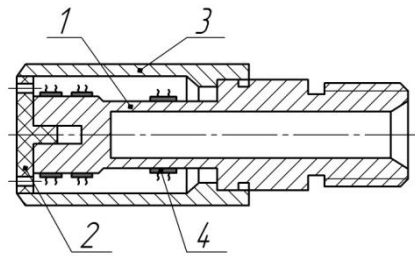


Рисунок 5 – Тензометричний давач тиску

Тензометричний давач тиску складається з порожнистого металевого циліндру 1 із суцільною основою 2 та корпуса 3. На зовнішній поверхні циліндра наклеєні вимірювальні тензоелементи, а на основі 2 наклеєні еталонні тензоелементи 4.

У табл. 1 наведені метрологічні характеристики засобів реєстрації експериментального стенда.

Таблиця 1 – Метрологічні характеристики засобів реєстрації

Познач.	Параметр	Діапазон вимірювань	Точність
Мн(1-6)	Тиск	0,5..15 МПа	± 3%
Д1	Тиск $p_H$	0,5..20 МПа	± 2%
Д2	Тиск $p_C$	0,5..10 МПа	± 1,5%
ТГ	Частота обертання $n$	0..3000 об/хв	± 1%

На рис. 6 подані тарувальні графіки тахогенератора та тензометричних давачів тиску.

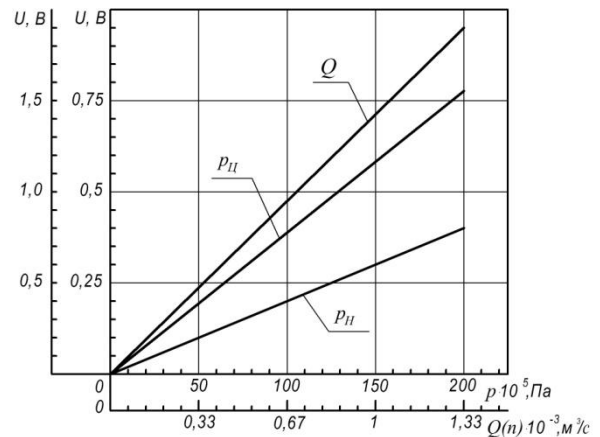


Рисунок 6 – Тарувальні графіки тахогенератора та тензометричних давачів тиску

Для прийому, обробки та передачі аналогово-цифрових сигналів експериментальний стенд оснащений цифровим осцилографом ADA-1406 (рис. 7), що є модулем з USB-інтерфейсом, який використовується як аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) та підключається до персонального комп'ютера (ПК).



Рисунок 7 – Цифровий осцилограф ADA-1406 з інтерфейсом USB

Модуль ADA-1406 містить: багатоканальний АЦП з мультиплексуванням каналів; засоби для асинхронного введення-виведення дискретних сигналів; 2-канальний цифрово-аналоговий (ЦАП) перетворювач; 4 підсилювача з індивідуальним коефіцієнтом підсилення. Прилад дозволяє отримувати та оброблювати до восьми аналогових сигналів у діапазоні частот від 0 до 350 кГц. Для відтворення та запису отриманих даних на персональному комп'ютері використовується програма графічної візуалізації Pi-Graf. Програмне забезпечення дає можливість зручного керування приладом та має ряд корисних сервісних функцій – експорт-імпорт даних, математичну обробку сигналів, розширені виміри, цифрову фільтрацію, індивідуальне підсилення сигналів та ін [10]. Схема експериментального стенда показана на рис. 8.

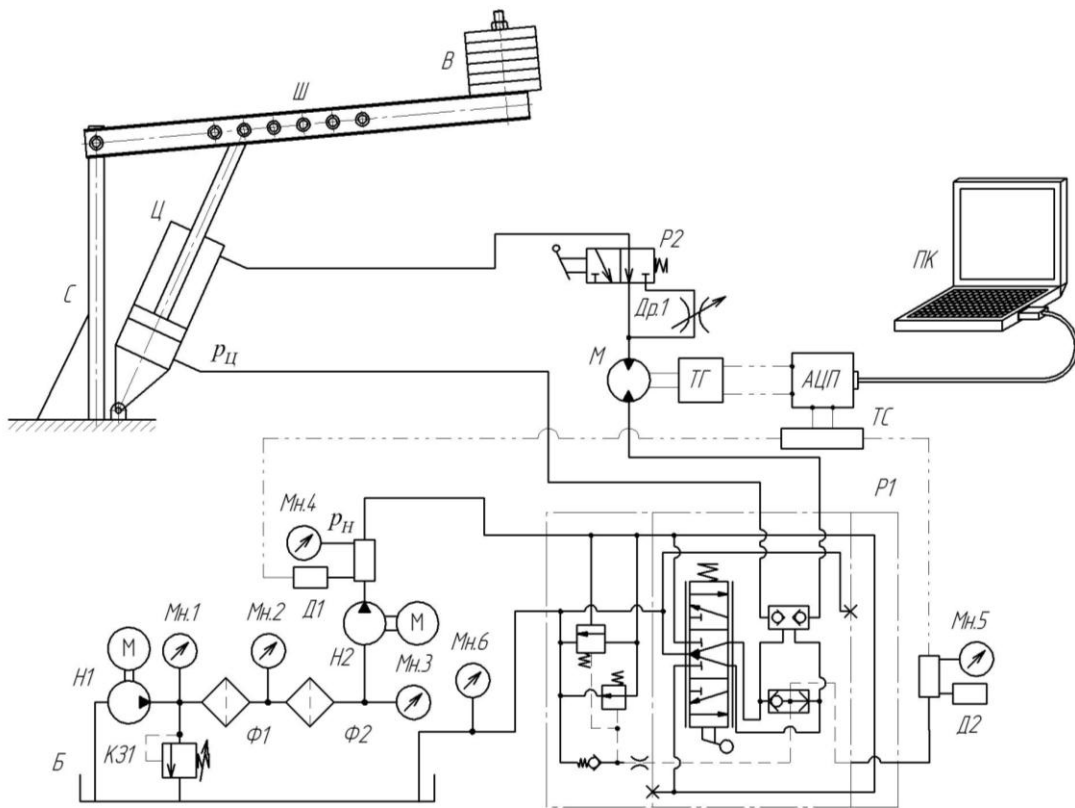


Рисунок 8 – Схема експериментального стенда

Загальний вигляд експериментального стенда поданий на рис. 9.

Стенд дозволяє проводити фізичне моделювання робочих процесів у гідроприводі, а також візуально спостерігати та фіксувати отримані результати за допомогою осцилографування. Манометри Мн1-Мн6 дозволяють візуально спостерігати значення тиску у гідролініях гідроприводу у статичних режимах роботи. Осцилографування величини тиску  $p_H$  на виході з гідронасоса Н2 виконується за допомогою тензометричного давача тиску Д1, а величини навантаження на штоці гідроциліндра – давача Д2. Для підсилення сигналу давачів тиску їх підключають до тензостанції ТС, яка передає підсилений сигнал до аналогово-цифрового перетворювача АЦП. Також до АЦП підключений тахогенератор постійного струму ТГ, що встановлений на валу гідромотора М для реєстрації частоти обертання  $n$ .

Застосування у розробленому експериментальному стенді здавачів тиску Д1 та Д2 дозволяє визначити величину зрівноважувального перепаду тиску, що утворюється за допомогою переливного клапана гідророзподільника Р2 між лінією навантаженого гідроциліндра та лінією нагнітання гідронасоса.

Застосування у розробленому експериментальному стенді здавачів тиску Д1 та Д2 дозволяє визначити величину зрівноважувального перепаду тиску, що утворюється за допомогою переливного клапана гідророзподільника Р2 між лінією навантаженого гідроциліндра та лінією нагнітання гідронасоса.

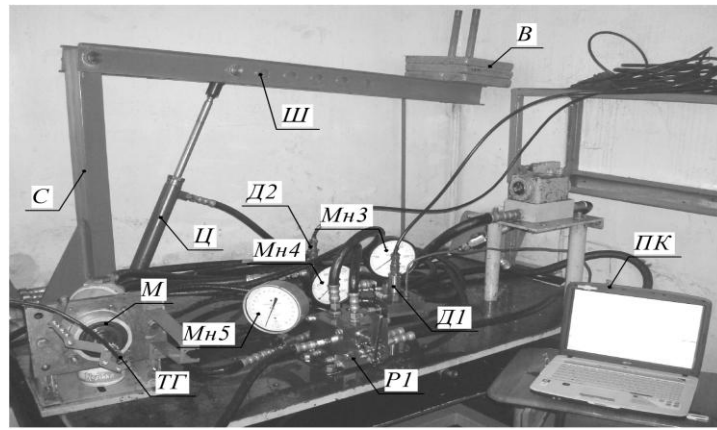


Рисунок 9 – Загальний вигляд експериментального станда

Експериментальне дослідження перехідних процесів у гідроприводі проводилось за допомогою осцилографування величин тиску гідронасоса  $p_H$  та тиску на гідродвигуні  $p_{Ц}$ . Дослідження проводились у режимі регулювання витрати гідродвигуна при змінному навантаженні та різних значеннях величини зрівноважувального перепаду тиску  $\Delta p$ :

- $\Delta p = (0,2...0,3)$  МПа;
- $\Delta p = (0,7...0,8)$  МПа;
- $\Delta p = (1,4...0,5)$  МПа;
- $\Delta p = (1,9...2,0)$  МПа.

Значення величини  $\Delta p$  забезпечувались зміною параметрів переливного клапана гідророзподільника Р2 – жорсткості пружини  $c$ , попереднього стиснення пружини  $H$  та площі допоміжного дроселя  $f_0$  при діаметрах золотника  $d_K = 20 \cdot 10^{-3}$  м та хвостовика золотника  $d_X = 11 \cdot 10^{-3}$  м.

На рис. 10 представлено графіки перехідних процесів у гідроприводі під час переходу з режиму розвантаження гідронасоса у режим регулювання витрати гідродвигуна. Розглядаються різні сукупності конструктивних параметрів переливного клапана гідророзподільника Р2, що дозволяють сформувати різні величини  $\Delta p$  та  $p_H$ .

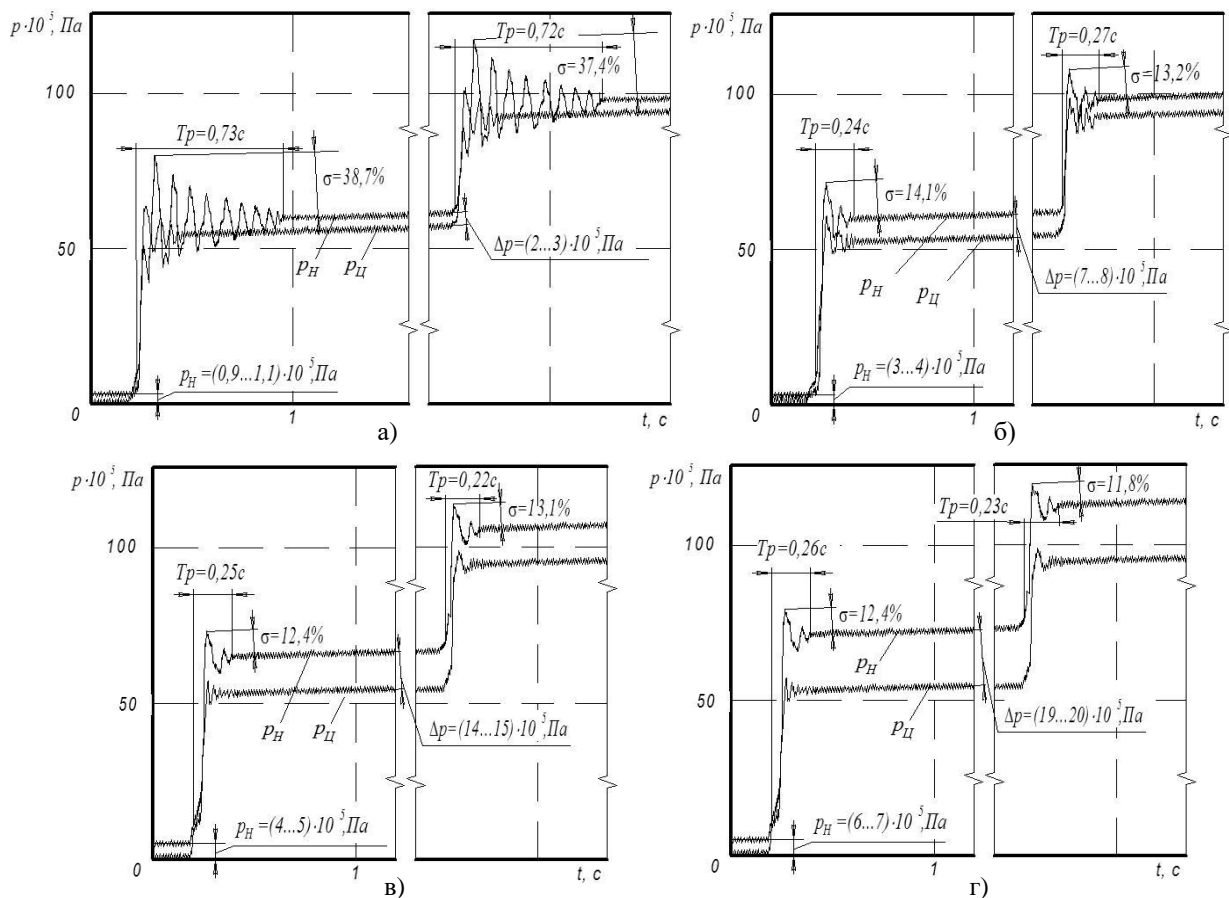


Рисунок 10 – Осцилограми перехідних процесів: а – при  $\Delta p = (0,2...0,3)$  МПа, б – при  $\Delta p = (0,7...0,8)$  МПа, в – при  $\Delta p = (1,4...1,5)$  МПа, г – при  $\Delta p = (1,9...2,0)$  МПа

З графіків рис. 10 видно як змінюється значення  $p_H$  залежно від величини  $\Delta p$ :

- при  $\Delta p = (0,2...0,3)$  МПа тиск  $p_H = (0,09...0,11)$  МПа;
- при  $\Delta p = (0,7...0,8)$  МПа тиск  $p_H = (0,2...0,3)$  МПа;
- при  $\Delta p = (1,4...1,5)$  МПа тиск  $p_H = (0,4...0,5)$  МПа;
- при  $\Delta p = (1,9...2,0)$  МПа тиск  $p_H = (0,6...0,7)$  МПа

Також експериментально визначено, що при значенні величини зрівноважувального перепаду тиску  $\Delta p < (0,7...0,8)$  МПа у режимі регулювання витрати гідродвигуна збільшує збільшуються час перехідного процесу ( $T_p > 0,5$  с) та величина перерегулювання за тиском гідронасоса ( $\sigma > 30\%$ ) у гідроприводі.

**ВИСНОВКИ.** Розроблено експериментальний зразок гідророзподільника з клапаном чутливим до зміни навантаження та експериментальний стенд, що дозволяє досліджувати робочі процеси різних режимів роботи у гідроприводі, чутливого до навантаження.

Технічні можливості розробленого експериментального стенду забезпечують реєстрацію перехідних процесів у різних режимах роботи гідроприводу, що дозволяє визначити такі характеристик гідроприводу як величина зрівноважувального перепаду тиску  $\Delta p$ , час перехідного процесу  $T_p$  та величина перерегулювання за тиском гідронасоса  $\sigma$  у гідроприводі.

Експериментально визначено, що зміна сполучень конструктивних параметрів переливного клапана гідророзподільника забезпечує формування величини зрівноважувального перепаду тиску  $\Delta p$  та зміну характеру протікання робочих процесів у гідроприводі, що дозволить у подальшому провести порівняння результатів експериментально отриманих та теоретично розрахованих перехідних процесів у гідроприводі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Морсин В.М. Оптимальная технология экспериментальных исследований гидроприводов строительных и дорожных машин // Строительные и дорожные машины. – 1991. – № 11. – С. 23–25.
2. Мультирежимный LS-гидропривод на базе пропорційного гідророзподільника : монографія / Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов, О.В. Петров. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 152 с.
3. Галай П.М., Сільвестров А.М. Ідентифікація нелінійностей електрогідроприводів шляхом іміта-

ційного моделювання // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. № 4 (63). – С. 117–121.

4. Козлов Л. Г., Петров О. В. Енергоощадний гідропривод, чутливий до навантаження, на базі мультирежимного гідророзподільника // Промислова гідравліка і пневматика. – 2012. – № 2 (36). – С.77–80.

5. Експериментальне визначення залежності витрати рідини через робоче вікно розподільного золотника гідророзподільника / О.В. Петров, Н.С. Семічаснова, О.С. Сусметов, Д.В. Чеповой // Прогресивні технології і системи машинобудування: міжнародний збірник наукових праць ДНТУ. – 2014. – № 2 (48). – С.45–49.

6. Козлов Л.Г., Лозінський Д.О. Експериментальний стенд для дослідження характеристик клапанно-золотникового розподільника з пропорційним електрогідравлічним управлінням // Вісник Сумського державного університету. Серія технічні науки. – 2009. – № 1. – С. 28–33.

7. Metrological characteristic of the test rig with automatic registering of the proportionally-controlled hydraulic drive / Yu.A. Burennikov, L.G. Kozlov, D.O. Lozinsky, O.V. Petrov and ect. // Buletinul institutului politehnic din iasi. – Tomul LV (LIX), fasc. 1, 2009. – P. 125–130.

8. Експериментальний стенд для визначення характеристик гідроприводів з пропорційним керуванням / Л.Г. Козлов, В.А. Ковальчук, С.М. Лозовський, А.О. Товкач // Промислова гідравліка і пневматика, – 2013 р. – № 4. – С. 64–66.

9. Experimental characteristics of the hydraulic drive with variable-displacement pump / Yu.A. Burennikov, L.G. Kozlov, S.V. Repinskiy, O.V. Petrov // Proceedings of the International scientific and engineering conference «TEHNOMUS XV» – Suceava, 2009. – P. 485–491.

10. Експериментальний стенд для дослідження характеристик гідроприводу з насосом змінної продуктивності / Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов, С.В. Репінський // Промислова гідравліка і пневматика. – 2007. – № 4 (18). – С. 79–82.

#### EXPERIMENTAL STUDY OF TRANSIENT PROCESSES IN THE LOAD-SENSING HYDRAULIC DRIVE

**O. Petrov, L. Kozlov, V. Tarasiuk, O. Chorny**

Vinnitsia National Technical University

vul. Khmelnytske shose, 95, Vinnitsia, 21021, Ukraine. E-mail: petrovov@ukr.net

**Purpose.** Experimental validation of the operability of the developed load-sensing hydraulic drive. **Methodology.** Experimental studies were performed by the method of oscillography of transient processes from pressure and rotation sensors, using analog-to-digital transducer, and saving data to PC. **Results.** Test stand has been developed for studying working processes in LS hydraulic drive during its operation in the hydraulic engine flow rate regulation mode. Taking into account that a special feature of such drives is maintaining constant pressure difference between the loaded hydraulic engine and hydraulic pump, which provides pressure-independent flow rate control, registration of pressure values at the corresponding parts of the circuit as well of the of the flow rate of hydraulic motor, connected in parallel, is provided at the test stand. **Originality.** The obtained results of the research has made it possible to determine the influence of the balancing pressure difference on the transient process time and pressure overshoot value in the hydraulic drive during its operation in the hydraulic engine flow rate regulation mode. **Practical value.** The developed hydraulic drive makes it possible to perform experimental studies of the working processes with hydraulic units, having various characteristics, in different operation modes. References 10, table 1, figures 10.

**Key words:** test stand, hydraulic drive, transient processes, pressure sensor, oscilloscope.

## REFERENCES

1. Morsyn, V.M. (1991), "Optimal technology for experimental investigation of hydraulic drives of construction and road machines", *Stroytelnye y dorozhnye mashyny*, no. 11, pp. 23–25.
2. Burennikov, Yu.A., Kozlov, L.G., Petrov, O.V. (2012), *Mulytrezhymnyi LS-hidropryvod na bazi proporsiiinoho hidrorozpodilnyka* [Multimode LS hydraulic drive on the basis of proportional directional hydraulic valve], Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine.
3. Galay, P.M., Silvestrov, A.M. (2010), "Authentication of non-linearity of electro-hydro drives by imitation design", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 4 (63), pp. 117–121.
4. Kozlov, L.G., Petrov, O.V. (2012), "Energy saving load-sensing hydraulic drive on the basis of multimode directional control valve", *Promyslova hidravlika i pnevmatyka*, no. 2 (36), pp. 77–80.
5. Petrov, O.V., Semichasnova, N.S., Susmetov, O.S., Chepovoi, D.V. (2014), "Experimental determination of the dependence of flow rate through the working port of the spool of directional control valve", *Prohresyvni tekhnolohii i systemy mashynobuduvannia : mizhnarodnyi zbirnyk naukovykh prats Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, no. 2 (48), pp. 45–49.
6. Kozlov, L.G., Lozinskyi, D.O. (2009), "Test stand for studying characteristics of the spool valve-based directional valve with proportional electrohydraulic control", *Visnyk Sumskoho derzhavnoho universytetu. Seriia tekhnichni nauky*, no. 1, pp. 28–33.
7. Burennikov, Yu.A., Kozlov, L.G., Lozinsky, D.O., Petrov, O.V. (2009), "Metrological characteristic of the test rig with automatic registering of the proportionally-controlled hydraulic drive", *Buletinul institutului politehnic din iasi*, Tomul LV (LIX), fasc. 1, pp. 125–130.
8. Kozlov, L.G., Kovalchuk, V.A., Lozovskyi, S.M., Tovkach, A.O. (2013), "Test rig for investigation of the characteristics of the hydraulic drives with proportional control", *Promyslova hidravlika ta pnevmatyka*, no. 4 (42), pp. 74–78.
9. Burennikov, Yu.A., Kozlov, L.G., Repinskyi, S.V., Petrov, O.V. (2009), "Experimental characteristics of the hydraulic drive with variable-displacement pump", *Proceedings of the International scientific and engineering conference "TEHNOMUS XV"*, Suceava, 2009, pp. 485–491.
10. Buriennikov, Yu.A., Kozlov, L.G., Repinskyi, S.V. (2007), "Test stand for studying characteristics of hydraulic drive with variable-displacement pump", *Promyslova hidravlika i pnevmatyka*, no. 4 (18), pp. 79–82.

Стаття надійшла 27.05.2016.