

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НОРМАЛЬНО-ЗАКРИТОГО ТИПУ**

**Вступ.** Інтенсивний розвиток комп'ютерної техніки і прикладних математичних програм, таких як Mathcad, Simulink/MATLAB, VisSim тощо, дозволив спростити і, водночас, значно підвищити адекватність математичного моделювання реальним процесам, що протікають в технічних об'єктах. Поєднання математичних моделей, структуру яких складають нелінійні диференціальні рівняння, із численними методами їх рішення дозволяє безпосередньо отримати конструктивні та функціональні параметри електрогідравлічних апаратів і виготовити їх дослідні зразки.

Однак, незважаючи на можливість досягнення достатньо чіткої структурної адекватності математичних моделей електрогідравлічних систем приводів та їх елементної бази, необхідні експериментальні стендові дослідження для параметричної верифікації їх математичних моделей. Це в першу чергу пов'язано із певною невизначеністю опорів каналів і дроселів на етапі проектування електрогідравлічних систем.

Таким чином, незважаючи на успіхи комп'ютерної математики, класична структура досліджень, яка складається із математичного моделювання, за результатами якого виготовляється експериментальний зразок і проводяться стендові його дослідження не втратила своєї актуальності. Саме за такою структурою проводяться роботи автора статті та інших дослідників, зокрема [1-3 та ін.], в галузі електрогідравліки.

Питанням дослідження робочих процесів гідроапаратури із пропорційним електричним керуванням присвячена достатня кількість робіт. Однак в більшості із них використовуються методи комп'ютерного моделювання. Результати експериментальних досліджень пропорційної гідроапаратури вітчизняних авторів були виявлені лише в роботах [1-3].

Експериментальні характеристики пропорційної гідроапаратури закордонного виробництва широко представлені у каталогах, методичних посібниках та підручниках [4, 5 та ін.]. Однак методики досліджень та описів експериментальних установок в доступних широкому загалу іноземних джерелах інформації не виявлено.

Предметом даного дослідження є електрогідравлічний перетворювач (ЕГП) нормально-закритого типу на конструктивне рішення якого було отримано патент України на винахід [6]. Також за результатами попередніх досліджень конструкція ЕГП [6] була вдосконалена. Відмінність конструктивного рішення предмету дослідження робить неприпустимою можливість застосування до нього експериментів зроблених для аналогічних апаратів та вимагає проведення експериментальних досліджень його робочих процесів, зокрема статичних.

**Постановка задачі.** Метою дослідження є отримання характеристик статичних робочих процесів ЕГП нормально-закритого типу, запропонованого в [6] та в подальшому удосконаленого. Для досягнення поставленої мети виконані такі задачі: обраний експериментальний стенд із необхідними технічними характеристиками, визначена методика досліджень, оцінена похибка вимірювань. Також в рамках роботи необхідно провести обробку отриманих експериментальних статичних характеристик, а саме визначити діапазон регулювання тиску та витрати по струму, оцінити гістерезис та лінійність характеристик.

**Результати експериментальних досліджень статичних робочих процесів ЕГП нормально-закритого типу.**

**Короткий опис схеми та функціонування експериментальної установки.** Експериментальне дослідження робочих процесів ЕГП [6] проводилося на стенді ВС Р\*6,3 в АТ «Гідроапаратура» м. Харків. Зазначений стенд атестований Державним підприємством «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» (ДП «Харківстандартметрологія») та відповідає чинним документам, що містять вимоги до даного випробувального обладнання, зокрема [7].

Стенд (рис. 1) складається із баку 1, який одночасно є несучою конструкцією стенда. В бак 1 встановлені насос 2 та фільтрувальна установка, яка містить допоміжний насос 3, фільтр 4 та перепускний клапан 5. Насоси 2, 3 приводяться до руху електродвигуном 11. Паралельно насосу 2 встановлений запобіжний клапан 10. Насос 2 трубопроводом сполучається із ЕГП 7, що досліджується. Пропорційний електромагніт (показаний у складі умовного позначення) перетворювача підключений до блока живлення (не показаний) через амперметр 9. До порожнини регульованого тиску ЕГП приєднаний манометр 8. До порожнини зливу перетворювача приєднаний витратомір 6. За допомогою блока живлення встановлюється певне значення струму керування, який контролюється амперметром 9. Для встановленого струму керування манометром 8 визначається регульований тиск, а витратоміром 6 – витрата. Необхідно зауважити, що на гідросхемі (рис. 1) наведені лише ті апарати які використовуються для дослідження робочих процесів ЕГП, також стенд включає інші пристрої.

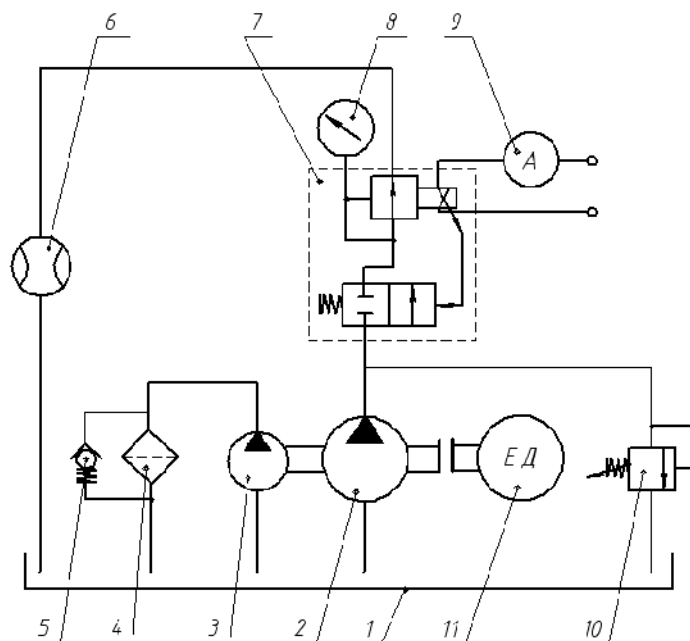


Рис. 1. Принципова схема дослідницького стенда

- 1 – бак; 2 – насос живлення; 3 – насос фільтрувальної установки; 4 – фільтр;  
 5 – перепускний клапан; 6 – витратомір; 7 – БПЕГП; 8 – манометр; 9 – амперметр;  
 10 – запобіжний клапан; 11 – електродвигун

**Методика досліджень.** Об'єктом даного експериментального дослідження є процес перетворення струму керування у регульовані перетворювачем тиск та витрату. Для досліджень було обрано ЕГП з діаметром входного дроселя  $d_E = 3$  мм.

Обґрунтування та регламентація вимог до компонентів та підготовки досліджень полягала у наступному:

- перед початком досліджень вмикалась насосна установка стенда та була дана можливість мастилу прогрітися. Таким чином забезпечувався сталий тепловий режим роботи гідравлічної системи при дослідженні залежностей тиску та витрати від струму керування;
- перед початком досліджень на обвитку котушки пропорційного електромагніту подавався максимальний струм керування 1,5 А протягом 5 хв. Це значно зменшувало вплив зміни температури обвитки електромагніту на значення струму в ній;
- при проведенні досліджень не брався до уваги вплив пульсацій робочої рідини на робочі процеси ЕГП нормально-закритого типу.

**Оцінка похибки вимірювань.** Для зменшення похибки вимірювань застосовувався метод багатократних спостережень [8-12]. Кількість спостережень для кожного вимірювання приймаємо  $n = 10$ . Наприклад, для струму 1,5 А отримаємо наступний набір значень тисків  $p_1 = 16$  МПа,  $p_2 = 15,5$  МПа,  $p_3 = 16,1$  МПа,  $p_4 = 15,8$  МПа,  $p_5 = 15,8$  МПа,  $p_6 = 15,7$  МПа,  $p_7 = 15,8$  МПа,  $p_8 = 15,4$  МПа,  $p_9 = 16,2$  МПа,  $p_{10} = 15,8$  МПа. За результатами вимірювання тиску визначимо його середнє арифметичне значення:

$$p = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n p_i,$$

де  $p$  – вимірюване значення тиску;  $p_i$  – значення тиску для  $i$ -го вимірювання.

Для даного значення струму вимірюваний тиск дорівнює 15,81 МПа.

Вибіркова дисперсія випадкових похибок результатів вимірювань:

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (p_i - p)^2.$$

В даному випадку  $S_n^2 = 0,061$  МПа<sup>2</sup>.

Дисперсія випадкової похибки середнього значення в  $n$  разів менша за оцінку дисперсії окремих результатів вимірювань:

$$S_{\bar{p}}^2 = \frac{S_n^2}{n}.$$

Дисперсія випадкової похибки середнього значення  $S_{\bar{p}}^2 = 6,1 \cdot 10^{-3}$  МПа<sup>2</sup>.

Довірчі границі похибки (непевність результату вимірювання) розраховуються за формулою [9]:

$$\Delta_{\bar{p}} = \pm t(f, p_{\text{дов}}) \cdot S_{\bar{p}},$$

де  $t(f, p_{\text{дов}})$  – коефіцієнт, що взятий з таблиці для розподілу Ст'юдента [9], що залежить від кількості ступенів свободи  $f$ , яка в цьому випадку дорівнює  $f = n - 1$ , та довірчої імовірності  $p_{\text{дов}}$ .

При  $n = 10$ ,  $p_{\text{дов}} = 0,95$  довірчі границі похибки  $\Delta_{\bar{p}} = \pm 0,143$  МПа.

Прямі вимірювання витрати також виконувались за методом багатократних спостережень [8-12]. Для струму керування  $I = 0,4$  А отримаємо наступні значення:

$Q_1 = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_2 = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_3 = 6,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_4 = 6,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  
 $Q_5 = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_6 = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_7 = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_8 = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  
 $Q_9 = 6,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_{10} = 6,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ . За результатами вимірювання витрати визначимо його середнє арифметичне значення:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i,$$

де  $Q$  – вимірюване значення витрати;  $Q_i$  – значення витрати для  $i$  – го вимірювання.

Для струму керування  $I = 0,4 \text{ А}$  вимірюване значення витрати  $Q_5 = 6,43 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Вибіркова дисперсія випадкових похибок результатів вимірювань:

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q)^2.$$

В даному випадку  $S_n^2 = 0,013 (\text{ м}^3/\text{с})^2$ .

Дисперсія випадкової похибки середнього значення в  $n$  разів менша за оцінку дисперсії окремих результатів вимірювань:

$$S_Q^2 = \frac{S_n^2}{n}.$$

Дисперсія випадкової похибки середнього значення  $S_Q^2 = 1,344 \cdot 10^{-3} (\text{ м}^3/\text{с})^2$ .

Довірчі границі похибки розраховуються за формулою:

$$\Delta_{\bar{Q}} = \pm t(f, p_{\text{дов.}}) \cdot S_{\bar{Q}},$$

При  $n = 10$ ,  $p_{\text{дов.}} = 0,95$  довірчі границі похибки  $\Delta_{\bar{Q}} = \pm 0,067 \text{ м}^3/\text{с}$ .

За даними [9], якщо дослідження виконувались тими самими засобами в тих же самих умовах для розрахунку можна використовувати значення дисперсії відоме з попередніх досліджень.

**Результати досліджень.** Дослідження залежності тиску регулювання від струму керування ЕГП проводилося наступним чином. При увімкненому електродвигуні 11 та насосі 2 на обвитку котушки пропорційного електромагніту ЕГП подавався максимальний струм керування 1,5 А. Після нетривалого перехідного процесу тиск регулювання встановлювався на рівні максимального (близько 16 МПа). При поступовому зменшенні струму керування за допомогою манометра 8 вимірювався тиск регулювання. При цьому струм керування контролювався за допомогою амперметра 9. Дискретність струму керування дорівнювала 0,1 А. Для зменшення похибки вимірювань застосовувався метод багатократних спостережень, тому при кожному значенні струму керування вимірювання тиску проводилися по 10 раз. При досягненні мінімального значення тиску починали збільшувати струм аж до досягнення ним максимального значення 1,5 А. Такий підхід дозволив отримати залежність тиску регулювання від струму

керування ЕГП із урахуванням гістерезису перетворювача. На рис. 2 маркерами показані експериментальні точки. Пунктиром показана петля гістерезису, причому верхня гілка петлі характеризує процес зменшення струму від 1,5 А до 0,3 А, а нижня гілка – процес нарощування струму керування.

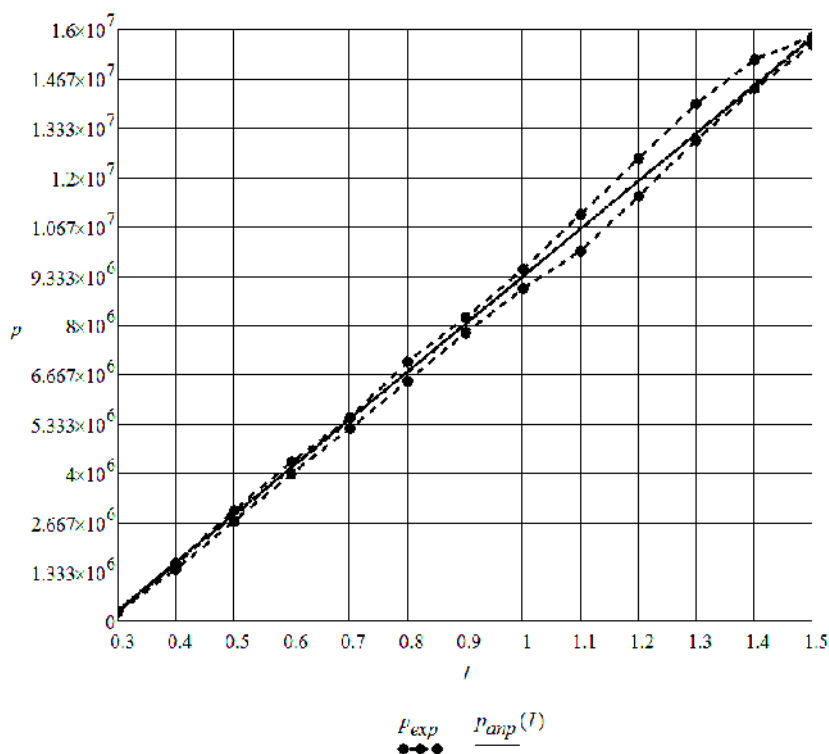


Рис. 2. Залежність тиску регулювання ЕГП [6] від струму керування

Із рис. 2 видно, що діапазон регулювання тиску по струму (від 0,3 до 1,5 А) дещо більший ніж передбачалося при математичному моделюванні робочих процесів перетворювача. Це явище можна пояснити завищенням коефіцієнту запасу по струму [13].

Максимальний гістерезис залежності тиску регулювання ЕГП від струму керування розраховуємо за методикою представленою в [5]. Максимальний інверсний діапазон – найбільша відстань між верхньою і нижньою гілками відповідає тиску 13,5 МПа та складає  $\Delta_{\max}^H = 0,065$  А. Тоді гістерезис по тиску регулювання складатиме:

$$H_p = \frac{\Delta_{\max}^H}{I_{\max} - I_{\min}}, \quad H_p = \frac{0,065}{1,5 - 0,3}, \quad H_p = 0,054 \text{ або } 5,4 \%$$

За даними [5] значення гістерезису для більшості клапанів регулювання тиску лежать в межах від 3-6%, таким чином гістерезис ЕГП нормально закритого типу, представлений в [6] лежить в допустимих межах. У якості напрямків зменшення гістерезису можна запропонувати введення в перетворювачі контуру зворотного зв'язку по регульованому тиску, а також покращення якості конструктивних матеріалів та технології виробництва пропорційного електромагніту.

Із рис. 2 також видно, що закон регулювання тиску по струму носить практично лінійний характер. Отримані експериментальні точки апроксимуємо лінійною залежністю, показаною суцільною лінією на рис. 2. Параметри лінійного рівняння знайдемо аналітично за допомогою методу найменших квадратів:

$$p_E = 1,31 \cdot 10^7 \cdot I - 3,73 \cdot 10^6. \quad (1)$$

Оскільки гістерезис залежності тиску від струму керування складає 5,4 %, тобто лежить в допустимих межах, рівняння (1) було визначено без його урахування. Тобто лінійна залежність (1) апроксимує обидві гілки петлі гістерезису (рис. 2).

Нелінійність експериментальної характеристики розрахуємо, як максимальне відхилення експериментальної точки ( $\Delta_{\max}^L = 0,058$  А) від лінії (1) віднесене до діапазону регулювання струму:

$$L = \frac{\Delta_{\max}^L}{I_{\max} - I_{\min}}, \quad L = \frac{0,058}{1,5 - 0,3}, \quad L = 0,048 \text{ або } 4,8 \%.$$

Значення відхилення від лінійності 4,8 % відповідає цьому параметру у закордонних аналогів. Однак, потрібно враховувати, що в реальних умовах експлуатації ЕГП у складі систем приводів мобільних машин та стаціонарного технологічного обладнання в наслідок несприятливих умов експлуатації відхилення від лінійного закону регулювання можуть бути і більш значними. Найбільш ефективними засобами боротьби із відхиленням від лінійного закону регулювання тиску пропорційної гідроапаратури традиційно вважають введення контурів зворотного зв'язку, як по внутрішнім та і по вихідному регульованому параметру.

ЕГП нормально-закритого типу [6] в основному призначений для регулювання тиску в робочих порожнинах гідравлічних розподільників, клапанів та безпосередньо гідравлічних циліндрів. Саме тому залежність представлена на рис. 2 для нього найбільш важлива. Однак залежність витрати від струму керування також важлива, оскільки передбачається, що ЕГП [6] зможе використовуватись для безпосереднього керування рухом поршня зі штоком гідроциліндра.

Гідравлічна схема для зняття характеристики «витрата-вхідний сигнал» представлена в роботі [5]. Вона в принципі ідентична схемі представленої на рис. 1. В [5] вказується важливість контролю постійності перепаду тиску на апараті, характеристика «витрата-вхідний сигнал» знімається. При дослідженні перетворювача перепад тиску був постійним, оскільки на його вході запобіжним клапаном 10 встановлювався тиск на рівні 16 МПа. Тиск зливу також був постійним та визначався гідравлічним опором зливної магістралі із встановленим в ній витратоміром 6. Також чином необхідність у постійному контролі перепаду тиску відпадала.

Дослідження статичної залежності витрати від струму керування проходило паралельно зі зняттям характеристики «регульований тиск-струм керування». Тобто витрата контролювалася для кожного рівня струму який змінював із дискретністю 0,1 А спочатку від максимального значення до мінімального, а потім навпаки. Таким чином експериментальна залежність (рис. 3) також побудована із урахуванням гістерезису.

Максимальний гістерезис залежності витрати ЕГП від струму керування також розрахуємо за методикою представленою в [5]. Максимальний інверсний діапазон досягається при витраті  $4,33 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с і складає  $\Delta_{\max}^H = 0,1$  А. Тоді гістерезис складає:

$$H_Q = \frac{\Delta_{\max}^H}{I_{\max} - I_{\min}}, \quad H_Q = \frac{0,1}{1,5 - 0,3}, \quad H_Q = 0,083 \text{ або } 8,3 \%.$$

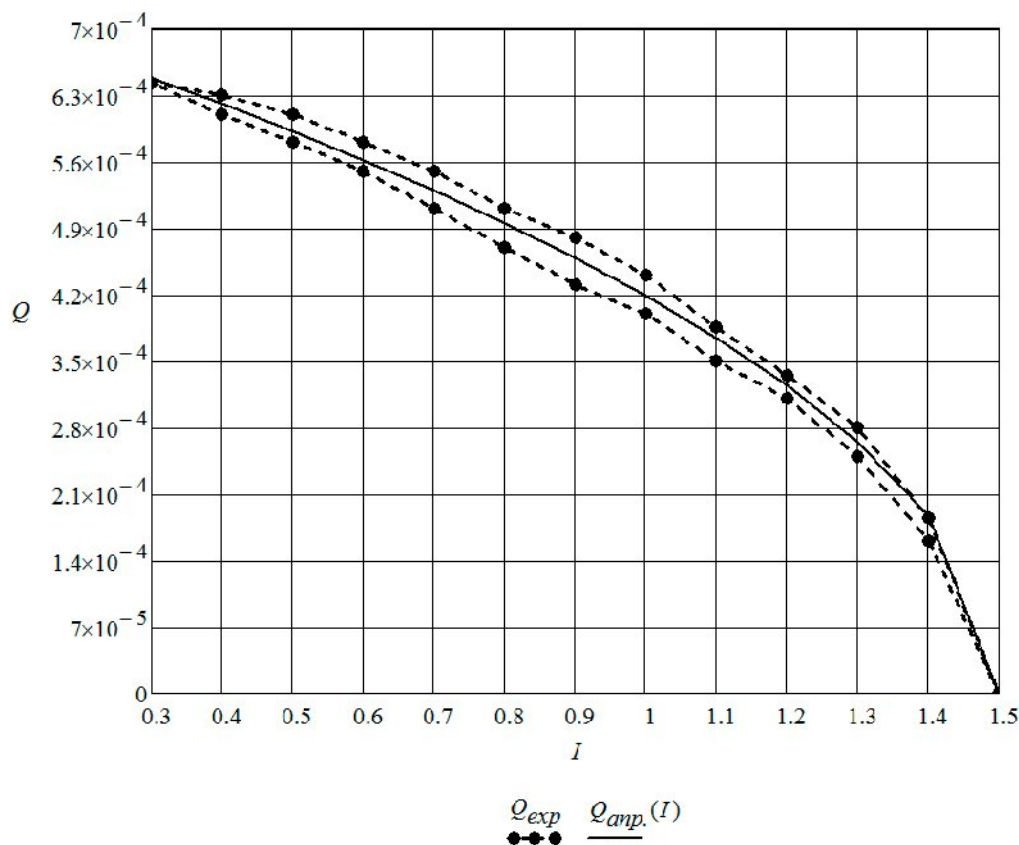


Рис. 3. Залежність витрати ЕГП [6] від струму керування

Такий рівень гістерезису по витраті перевищує наведені в роботі [5] значення для аналогів. Однак для ЕГП нормально-закритого типу [6] залежність витрати від струму керування менш важлива, ніж залежність «регульований тиск-струм керування» для якої гістерезис знаходиться в межах норми. Для зменшення впливу гістерезису характеристики ЕГП «витрата-струм керування» на точність роботи систем приводів у складі яких перетворювач буде експлуатуватись доцільно вводити контур зворотного зв'язку по положенню поршня зі штоком гідроциліндра. Також перспективним представляється використання керуючої електроніки із реалізацією принципів пропорційно-диференційного (ПД) або пропорційно-інтегрально-диференційного (ПІД) регулювання.

На рис. 3 маркерами показані експериментальні точки витрати ЕГП, пунктиром показана експериментальна крива, а суцільною лінією апроксимуюча крива. Крива, що апроксимує експериментальні точки, описується рівнянням витрат, однак коефіцієнт витрати  $\mu_{11A}$  буде мати менше значення порівняно із прийнятим при математичному моделюванні перетворювача [13]. Крім того, при проведенні експерименту тиск зливу  $p_A$  не буде настільки близький до атмосферного, щоб його можна було прирівняти до нуля. Це пояснюється тим, що у зливній магістралі встановлено витратомір 6 (рис. 1), який має деякий гідравлічний опір. Нелінійність залежності витрати ЕГП від струму керування є природною. Вона, як і гістерезис, може бути компенсована введенням контурів зворотного зв'язку, використанням ПД або ПІД-регуляторів в системах приводів де буде експлуатуватись ЕГП нормально-закритого типу [6].

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили отримати експериментальні залежності тиску та витрати від струму керування. Як видно із рис. 2, характер залежності тиску регулювання ЕГП [6] від струму керування носить практично лінійний характер.

Це пояснюється тим, що тиск регулюється по зусиллю пропорційного електромагніту із практично лінійною залежністю зусилля від струму керування [14]. Залежність витрати ЕГП від струму керування має форму гілки параболи (рис. 3). Така форма залежності є також прогнозованою і відповідає фізиці робочих процесів перетворювача. Як видно із рис. 2 гістерезис ЕГП є незначним, що також пояснюється достатньою якістю пропорційного електромагніту.

Проведені дослідження дозволяють порівняти експериментальні та теоретичні залежності та провести верифікацію математичної моделі запропонованої в [13] і в подальшому удосконаленої. У якості подальших напрямків роботи потрібно відзначити математичне та експериментальне дослідження динамічних характеристик ЕГП нормально-закритого типу. Також перспективним представляється розробка систем приводів мобільних машин та стаціонарного технологічного обладнання, зокрема компактних уніфікованих мехатронних модулів лінійного руху.

**Література:** 1. Лозінський Д.О. Пропорційний електрогідролічний розподільник з незалежним керуванням потоків для мобільних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / Д.О. Лозінський – Вінниця, 2010. – 20 с. 2. Петров О.В. Гідропривод чутливий до навантаження на базі мультирежимного гідророзподільника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Машинознавство” / О.В. Петров — Вінниця, 2010. – 20 с. 3. Репінський С.В. Система керування аксіально-поршневого регульованого насоса з профільованим вікном золотника комбінованого регулятора подачі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Машинознавство” / С.В. Репінський – Вінниця, 2011. – 20 с. 4. Дерр Х. и др. Учебный курс гидравлики. Том II. Пропорциональная техника и техника сервоклапанов. – Маннесман Рексрот ГмБХ, 1986. – 256 с. 5. Шольц Д. Пропорциональная гидравлика. – ДП «ФЕСТО». – 2002. – 124 с. 6. Пат. 76766 Україна, МПК (2006) F15B 3/00. Електрогідролічний підсилювач/ Скворчевський О.Є.; заявник та патентовласник Скворчевський О.Є. – № 2004021138 ; заявл. 17.02.2004 ; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9. 7. Гідроприводи об'ємні. Гідроапарати. Правила приймання та методи випробування (На заміну ГОСТ 20245-75) : ДСТУ 3073. – [Чинний від 1996-07-01]. – К.: УкрНДНЦ, 1995. – 26 с. – (Національні стандарти України). 8. Проненко В.И., Р.В. Якирин Метрология в промышленности – К.: Техніка, 1979. – 223 с. 9. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / [Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук та ін.] ; За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544 с. 10. Долинський Е.Ф. Обработка результатов измерений – М.: Издательство стандартов, 1973. – 192 с. 11. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента – М.: Наука, 1971. – 192 с. 12. Поджаренко В.О., Васілевський О.М., Кучерук В.Ю. Опрацювання результатів вимірювань на основі концепції невизначеності. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 128 с. 13. Скворчевський О.Є. Математична модель багатофункціонального пропорційного електрогідролічного перетворювача // Східноєвропейський журнал передових технологій . – 2006. – № 6. – С. 30-33. 14. Пат. 75780 Україна, МПК (2006) H01F 7/08. Пропорційний електромагніт / Скворчевський О.Є.; заявник та патентовласник Скворчевський О.Є. – 20040705646 ; заявл. 12.07.2004; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.

**Bibliography (transliterated):** 1. Lozins'kij D.O. Proporcijnij elektrogidravlichnij rozpodil'nik z nezalezhnim keruvannjam potokiv dlja mobil'nih mashin : avtoref. dis. na zdobuttja na-uk. stupenja kand. tehn. nauk : spec. 05.02.08 “Mashinoznavstvo” / D.O. Lozins'kij – Vinnicja, 2010. – 20 s. 2. Petrov O.V. Hidroprivoed chutlivij do navantazhennja na bazi mul'tirezhimnogo gidrorozpodil'nika : avtoref. dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk : spec. 05.02.08 “Mashinoznavstvo” / O.V. Petrov — Vinnicja, 2010. – 20 s. 3. Repins'kij S.V. Sistema keruvannja aksial'no-porshneveogo regul'ovanogo nasosa z pro-fil'ovanim viknom zolotnika kombinovanogo reguljatora podachi: avtoref. dis. na zdo-buttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk: spec. 05.02.08 “Mashinoznavstvo” / S.V. Repins'kij – Vinnicja, 2011. – 20 s. 4. Derr H. i dr. Uchebnyj kurs gidravliki. Tom II. Proporcional'naja tehnika i tehnika servoklapanov. – Mannesman Reksrot GmbH, 1986. – 256 s. 5. Shol'c D. Proporcional'naja gidravlika. – DP «FESTO». – 2002. – 124 s. 6. Pat. 76766 Ukraïna, MPK (2006) F15B 3/00. Електрогідролічний підсилювач/ Скворчевський О.Є.; заявник та патентовласник Скворчевський О.Є. – 20040705646 ; заявл. 12.07.2004; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.



3/00. *Elektrohidravličnij pidsiljuvach/ Skvorchevs'-kij O.Є.; zajavnik ta patentovlasnik Skvorchevs'kij O.Є. – № 2004021138 ; zajavl. 17.02.2004 ; opubl. 15.09.2006, Bjul. № 9. 7. Gidroprivodi ob'emni. Gidroaparati. Pravi-la prijamnja ta metodi viprobuvannja (Na zaminu GOST 20245-75) : DSTU 3073. – [Chin-nij vid 1996-07-01]. – K.: UkrNDNC, 1995. – 26 s. – (Nacional'ni standarti Ukraïni).*  
8. *Pronenko V.I., R.V. Jakirin Metrologija v promyshlennosti – K.: Tehnika, 1979. – 223 s.*  
9. *Metrologija ta vimirjuval'na tehnika: Pidruchnik / [Є.S. Poliwuk, M.M. Dorozhovec', V.O. Jacuk ta in.] ; Za red. prof. Є.S. Poliwuka. – L'viv: Vidavnicтво «Beskid Bit», 2003. – 544 s.*  
10. *Dolinskij E.F. Obrabotka rezul'tatov izmerenij – M.: Izdatel'stvo standartov, 1973. – 192 s.*  
11. *Rumshinskij L.Z. Matematicheskaja obrabotka rezul'tatov jeksperimenta – M.: Nauka, 1971. – 192 s.*  
12. *Podzharenko V.O., Vasilevs'kij O.M., Ku-cheruk V.Ju. Opracjuvannja rezul'tativ vimirjuvan' na osnovi koncepcii nevznachenosti. Navchal'nij posibnik. – Vinnicja: VNTU, 2008. – 128 s.*  
13. *Skvorchevs'kij O.Є. Matema-tichna model' bagatofunkcional'nogo proporcijnogo elektrohidravličnogo peretvorjuvacha // Shidnoevropejs'kij zhurnal peredovih tehnologij . – 2006. – № 6. – S. 30-33.*  
14. *Pat. 75780 Ukraïna, MPK (2006) N01F 7/08. Proporcijnij elektromagnit / Skvorchevs'kij O.Є.; zajavnik ta patentovlasnik Skvorchevs'kij O.Є. – 20040705646 ; zajavl. 12.07.2004; opubl. 15.05.2006, Bjul. № 5.*

Скворчевский А.Е.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НОРМАЛЬНО-ЗАКРЫТОГО ТИПА**

Целью исследования является получение характеристик статических рабочих процессов электрогидравлического преобразователя нормально-закрытого типа, конструктивная схема которого предложена автором. Для реализации поставленной цели экспериментальный образец указанного преобразователя был испытан на стенде, с дальнейшей статистической обработкой данных. В результате получены зависимости давления и расхода от тока управления. Нашла экспериментальное подтверждение гипотеза, положенная в основу создания электрогидравлического преобразователя, о возможности совместной работы электроуправляемого обратного клапана и элемента сопло-заслонка, установленных последовательно. Зависимость давления преобразователя от тока управления носит практически линейный характер, что открывает широкие возможности использования предложенного автором электрогидравлического преобразователя в составе пропорциональной гидроаппаратуры и для непосредственного управления гидродвигателями небольшой мощности.

Skvorchevsky A.Y.

**EXPERIMENTAL STUDY OF STATIC WORKFLOWS BY ELECTROHYDRAULIC CONVERTER NORMALLY CLOSED**

The aim of this study is to obtain the workflow static characteristics of an normally closed electrohydraulic converter with a design scheme is proposed by the author. To accomplish the goal of this prototype converter has been tested on the bench, with further statistical data processing. As a result, the dependences of the pressure and flow of the current administration. Found an experimental confirmation of the hypothesis underlying the creation of an electrohydraulic converter, the possibility of working together electropilots check valve and a nozzle-flapper element installed in series. Dependence of the pressure converter from the current administration is almost linear. This opens the possibility of using electrohydraulic converter proposed by the author in the proportional hydraulics and for direct control by hydraulic engines of small capacity.