

УДК 621.22

Д. О. Лозінський¹, І. С. Михайловський¹, А. О. Наконечна¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКІВ ТА СИСТЕМОЮ СТЕЖЕННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

В статті розглянуто перспективи застосування системи стеження за переміщенням для підвищення точності позиціонування розподільного золотника другого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків.

ВСТУП

Гідропривід є невід’ємною ланкою більшості мобільних машин. Основним елементом керування у гідроприводі є гідророзподільник, який виконує керування усіма робочими органами.

Використання в гідроприводах пропорційних електрогідравлічних розподільників дозволяє значно покращити керованість, підвищити точність позиціонування робочого органу. Проте для оперування порівняно великими потоками розподільники виконують в декілька каскадів, що в свою чергу ускладнює конструкцію та може приводити до погіршення характеристик. Тому в таких агрегатах часто використовують засоби стеження, які стежать за параметрами роботи (тиском, переміщенням, швидкістю тощо) та дають змогу виконувати корегування для забезпечення бажаних вихідних характеристик [1, 2].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Метою роботи є дослідження застосування системи стеження за переміщенням для підвищення точності позиціонування розподільного золотника другого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків.

На рис. 1 представлена розрахункова схема розподільника [3, 4]. Основні його елементи: лінія живлення 1, клапан першого каскаду 2 із магнітом 3, золотник другого каскаду 4 з пружиною 5 та датчиком переміщення 6.

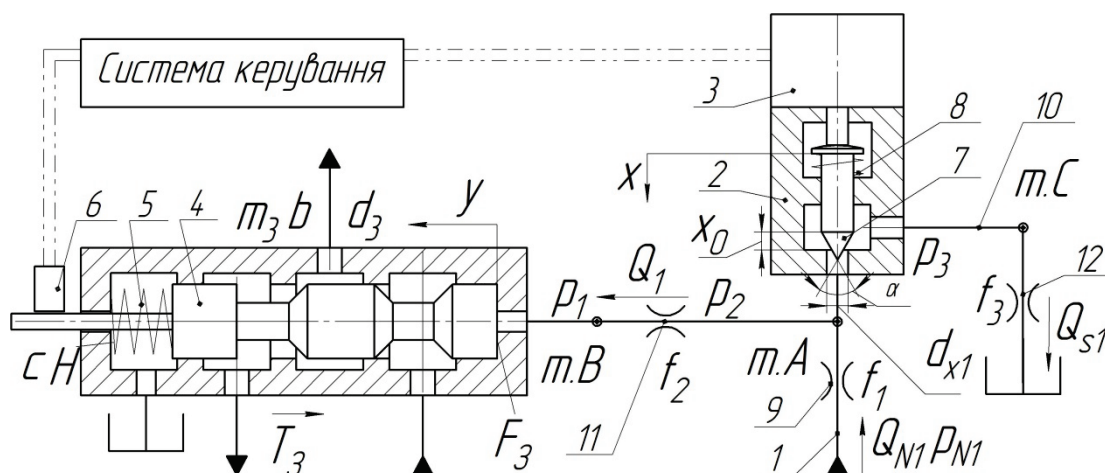


Рисунок 1 – Розрахункова схема пропорційного електрогідравлічного розподільника

Працює система керування таким чином. За відсутності сигналу керування клапан 7 знаходиться у верхньому положенні під дією пружини 8 (координата $x = 0$). Рідина від лінії живлення 1 проходить через дросель 9, клапан першого каскаду та гідролінію 10 до зливу, при цьому $Q_{Sl} \rightarrow Q_{Nl}$, $Q_l \rightarrow 0$. Золотник другого каскаду 4, під дією пружини 5 знаходиться у крайньому правому положенні, оскільки тиск p_l , керуючого потоку Q_l є недостатнім для його зміщення. При подачі сигналу, клапан 7 переміщується вниз ($x > 0$), зменшуючи потік Q_{Sl} , а отже, збільшуючи потік Q_l та тиск p_l . Рідина під тиском p_l діє на золотник другого каскаду 4 та переміщує його вліво

(координата y) відповідно до сигналу керування. Проте досягти ідеальної пропорційної відповідності $y(x)$ практично не можливо через нелінійні характеристики системи, наявність дисипативних сил тощо.

Застосування системи стеження дозволяє підвищити пропорційність, а отже і керованість золотником другого каскаду. Система стеження, блок-схема якої наведена на рис. 2, працює таким чином. Для забезпечення бажаного закону руху $y_0(t)$ золотника другого каскаду до першого каскаду подається певний сигнал керування $x(t)$, при цьому $y_0(t) = k_1 \cdot x(t)$, де k_1 – перетворювальний коефіцієнт. Відхилення реального закону руху $y(t)$ від бажаного $\Delta = y(t) - y_0(t)$ фіксується датчиком переміщення ДП, та, з певним коефіцієнтом підсилення k , надходить до системи стеження, яка корегує величину вхідного сигналу на сигнал $x = x(t) - k\Delta$.

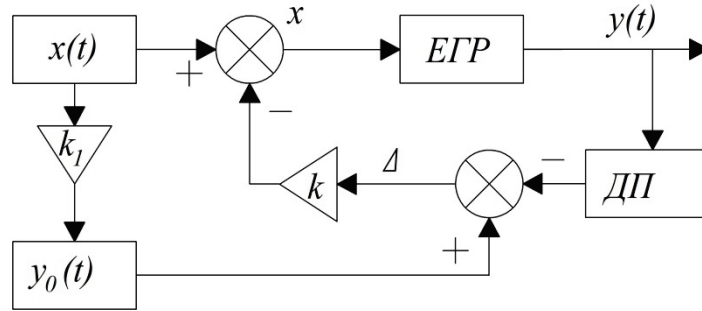


Рисунок 2 – Структурна схема стежної системи

Для дослідження характеристик роботи розподільника була створена його математична модель, що складається рівняння сил, що діють на золотник 4 (1), рівнянь нерозривності потоків (2)–(4), та рівнянь, які визначають зворотний зв'язок.

$$m_3 \frac{dV_y}{dt} = p_1 \cdot F_3 - c \cdot (H + y) - b \frac{dy}{dt} - T_3 \cdot \operatorname{sgn} \frac{dy}{dt}; \quad (1)$$

$$\mu \cdot f_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{N1} - p_2|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_{N1} - p_2) = \mu \cdot f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_1|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_1) + \beta \cdot W_A \cdot \frac{dp_2}{dt} + \quad (2)$$

$$+ \mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot ((x_0 - x) \cdot \sin \alpha + 2 \cdot d_{x1}) \cdot (x_0 - x) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_3|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_3);$$

$$\mu \cdot \left[\frac{\pi}{2} \cdot ((x_0 - x) \cdot \sin \alpha + 2 \cdot d_{x1}) \cdot (x_0 - x) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_3|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_3) = \quad (3)$$

$$= \mu \cdot f_3 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_3}{\rho}} + \beta \cdot W_C \cdot \frac{dp_3}{dt};$$

$$\mu \cdot f_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_2 - p_1|}{\rho}} \cdot \operatorname{sgn}(p_2 - p_1) = F_3 \cdot \frac{dy}{dt} + \beta \cdot W_B \cdot \frac{dp_1}{dt}. \quad (4)$$

$$x = x_0(t) - k\Delta; \quad (5)$$

$$\Delta = y(t) - y_0(t); \quad (6)$$

Рівняння математичної моделі складені з такими основними допущеннями і спрощеннями: розглядались зосереджені параметри; температура робочої рідини вважалась постійною; хвильові процеси не враховувались; коефіцієнти потоку через дросельні та золотникові елементи вважались постійними; втрати тиску в гідролініях не враховувались; гідродинамічні сили не враховувались;

коефіцієнт податливості робочої рідини враховувався, як середня величина для розглянутого діапазону зміни тиску; величина тиску в гідролінії живлення першого каскаду вважалась постійною, тиск в зливній лінії рівний нулю.

В математичній моделі позначено: p_{N1} – тиск на виході насоса 1; p_1 – тиск керування золотником другого каскаду (див. рис. 1); p_2 – тиск, що формується клапаном першого каскаду 7; p_3 – тиск, що формується дроселем 12; f_1, f_2, f_3 – площі робочих вікон дроселів 9, 11 та 12 (надалі для зручності будемо використовувати f_2 та $k_f = \frac{f_1}{f_2} \geq 1$); W_A, W_B, W_C – об'єми рідини в точках А, В, С;

F – площа торця золотника 4; F_X – площа вхідного каналу клапана першого каскаду 2; c – жорсткість пружини 5; H – початкове стиснення пружини 5; m_3 – маса золотника 4; b – коефіцієнт в'язкого тертя золотника 4; d_3 – діаметр золотника 4; y та V_y – координата положення та швидкість золотника 4; x – координата положення клапана 7; x_0 – початкова координата положення клапана 7; T_3 – сила тертя, що діє на золотник; α – кут нахилу робочої кромки клапана 7; ρ – густина робочої рідини; μ – коефіцієнт витрати; β – коефіцієнт, що враховує сумарну деформацію робочої рідини та гумометалевих рукавів.

Рівняння математичної моделі розв'язується для таких початкових умов: $p_{N1}(0) = 1,5$ МПа, $p_1(0) = 1,2$ МПа; $p_2(0) = 1,4$ МПа; $p_3(0) = 1,0$ МПа; $y(0) = 0$ м; $x(0) = 0$ м. В ході розрахунків були використані такі значення постійних величин: $d_3 = 16 \cdot 10^{-3}$ м; $d_x = 8 \cdot 10^{-3}$ м; $d_{x1} = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $\beta = 0,5 \cdot 10^{-9}$ мм; $\rho = 900$ кг/м³; $W_A = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м³; $W_B = 0,05 \cdot 10^{-3}$ м³; $W_C = 0,05 \cdot 10^{-3}$ м³; $\mu = 0,7$; $c = 7,831 \cdot 10^4$ Н/м; $H = 2,3 \cdot 10^{-3}$ м;

Обробку математичної моделі виконано за допомогою програмного пакета MatLAB Simulink [5].

При застосуванні системи стеження відбувається корегування вхідного сигналу $x(t)$ (рис. 3), що дозволяє забезпечити пропорційний закон переміщення золотника другого каскаду з мінімальним відхиленням Δ , що в декілька разів менше ніж при відсутності системи стеження (рис. 4).

Час перехідного процесу змінюється незначно, проте зростає перерегулювання тиску p_1 з 11,3 % до 15,1 %, що нижче нормально допустимого (див. рис. 3).

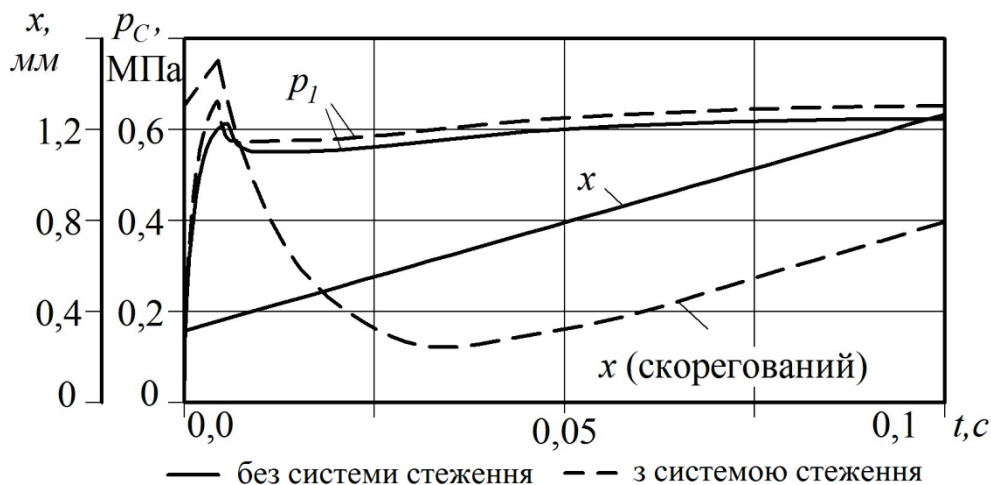


Рисунок 3 – Перехідні процеси при застосуванні системи стеження

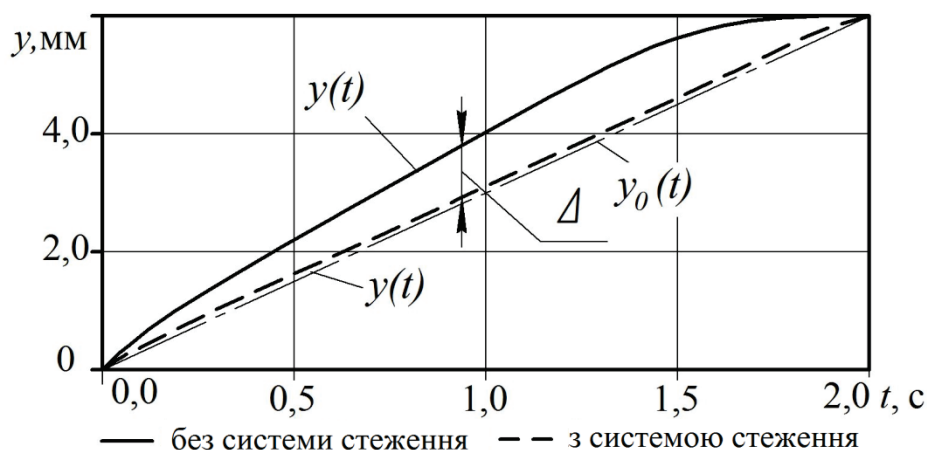


Рисунок 4 – Відхилення залежності переміщення золотника другого каскаду від часу $y(t)$ від заданого $y_0(t)$ без та з системою стеження

Отже, розроблений пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керування потоків та системою стеження забезпечує пропорційність переміщення золотника другого каскаду відносно переміщення клапана першого каскаду, що підвищує керованість робочим органом та дозволяє виконувати програмування переміщення за певним, бажаним законом.

ВИСНОВКИ

Запропоновано застосувати систему стеження для підвищення пропорційності руху золотника другого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керування потоків відносно переміщення клапана першого каскаду.

Розроблено математичну модель електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків та проведені порівняльні дослідження його роботи з системою стеження та без неї.

Застосування системи стеження не має визначального негативного впливу на перехідні процеси в системі, проте дещо підвищує перегулювання тиску p_1 до 15,1%.

Визначено, що застосування системи стеження забезпечує мінімізацію відхилення закону переміщення золотника другого каскаду $y(t)$ від заданого (пропорційного) – $y_0(t) = k_1 \cdot x(t)$.

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. Дзись // Промислова гідравліка і пневматика. – 2009. – № 1. – С. 80–84.
2. 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.
3. Пат. 41887 України, МПК⁸ 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.
4. Лозінський Д. О. Порівняльні дослідження варіантів першого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника / Д. О. Лозінський, Л. Г. Козлов, Є. І. Шевчук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2012_2/2012-2.files/uk/12dalehd_ua.pdf.
5. Черных И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений / И. В. Черных. – М. : Диалог-МИФИ, 2004. – 496 с.

REFERENCES

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

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

3. Pat. 41887 Ukrainy, MPK⁸ F15B 11/00 Hidropryvid z proportsiinym elektrohivavlichnym upravlinniam / L.H. Kozlov, D.O. Lozinskyi; Zaiavnyk ta patentovlasnyk Vinnytskyi nats. tekhn. universytet. – № 200900907; zaiavl. 06.02.2009.; opubl. 10.06.2009, Biul. № 11.

4. Lozinskyi D. O. Porivnialni doslidzhennia variantiv pershoho kaskadu proportsiinoho elektrohivavlichnoho rozpodilnyka [Elektronnyi resurs] / D. O. Lozinskyi, L. H. Kozlov, Ie. I. Shevchuk // Naukovi pratsi Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. – 2012. – № 2. – Rezhym dostupu do zhurn.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2012_2/2012-2.files/uk/12dalehd_ua.pdf.

5. Chernikh Y. V. Simulink: sreda sozdaniya ynzhenerykh prylozheniy / Y. V. Chernikh. – Dyaloh-MYFY, 2004. – 496 s.

Д. О. Лозінський¹, І. С. Михайловський¹, А. О. Наконечна¹

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯ ПОТОКІВ ТА СИСТЕМОЮ СТЕЖЕННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керування потоків.

Мета роботи – дослідження застосування системи стеження за переміщенням для підвищення точності позиціонування розподільного золотника другого каскаду пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків.

Гідропривід є невід'ємною ланкою більшості мобільних машин. Основним елементом керування у гідроприводі є гідророзподільник, який виконує керування усіма робочими органами.

Використання в гідроприводах пропорційних електрогідравлічних розподільників дозволяє значно покращити керованість, підвищити точність позиціонування робочого органу.

Для дослідження характеристик роботи пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків розроблено математичну модель та проведені порівняльні дослідження його роботи з системою стеження та без неї.

При застосуванні системи стеження відбувається корегування вхідного сигналу $x(t)$, що дозволяє забезпечити пропорційний закон переміщення золотника другого каскаду з мінімальним відхиленням Δ , що в декілька разів менше ніж при відсутності системи стеження.

Застосування системи стеження забезпечує мінімізацію відхилення закону переміщення золотника другого каскаду $y(t)$ від заданого (пропорційного).

Ключові слова: пропорційний електрогідравлічний розподільник; система стеження; пропорційність; золотник другого каскаду.

Лозінський Дмитро Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net. (0432) 598391, Україна, 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, к. 1114.

Михайловський Ігор Сергійович, Вінницький національний технічний університет, студентка факультету машинобудування та транспорту, e-mail: igor_mihaylovskiy@ukr.net, Україна, 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Наконечна Анна Олегівна, Вінницький національний технічний університет, студент факультету машинобудування та транспорту, e-mail: anya_nakonechna@gmail.com, Україна, 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

D. O. Lozinskyi¹, I. S. Mykhailovskyi¹, A. O. Nakonechna¹

RESEARCH OF ELECTROHYDRAULIC DIRECTIONAL CONTROL VALVE WITH INDEPENDENT FLOW CONTROL AND TRACKING SYSTEM

¹Vinnytsia National Technical University

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

Aim of the research – research of improving the position accuracy of the second cascade spool of the electro hydraulic directional control valve with independent flow control by using the movements tracking system.

Hydraulic is an essential element of most mobile machines. The main control element is a directional control valve of hydraulic drive, which performs control of all working element.

Using of electrohydraulic directional control valves in hydraulic systems allows improving the controllability and positioning accuracy of the working body.

For research the characteristics of the work of electrohydraulic directional control valve with independent flow control mathematical model was developed and comparative researches of his work with a tracking system and without it was carried out.

The input signal $x(t)$ is corrected by tracking system that allows to provide a proportional law of displacement of the second cascade spool with minimal error Δ , which is several times smaller than in the absence of a tracking system.

Application of tracking system provides minimizing error law moving of the second stage spool $y(t)$ from the set (proportional).

Keywords: electrohydraulic directional control valve; tracking system; proportional; second stage spool.

Lozinskyi Dmytro Oleksandrovych, Cand. Sc. (Eng.), Ass. Professor, Vinnytsia National Technical University, Ass. Professor of the Chair of Machine-building technologies and Automation, e-mail: petrovov@ukr.net, tel. (0432) 598391, Ukraine, 21021, Vinnitsia, Khmelnytsky Highway st., 95, apt. 1114.

Mykhailovskyi Ihor Serhiiovych, Vinnytsia National Technical University, student of the Faculty of machine-Building and Transport group 1IM-14ms, e-mail: igor_mihaylovskiy@ukr.net, Ukraine, 21021, Vinnitsia, Khmelnytsky Highway st., 95.

Nakonechna Anna Olegivna, Vinnytsia National Technical University, student of the Faculty of machine-Building and Transport group 1IM-14ms, e-mail: anya_nakonechna@gmail.com, Ukraine, 21021, Vinnitsia, Khmelnytsky Highway st., 95.

Д. А. Лозинский¹, И. С. Михайловский¹, А. О. Наконечная¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С НЕЗАВИСИМОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ И СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМОЙ

¹Винницкий национальный технический университет

Объект исследования – пропорциональный электрогидравлический распределитель с независимым управлением потоков.

Цель работы – исследование применения следящей системы по перемещению для повышения точности позиционирования распределительного золотника второго каскада пропорционального электрогидравлического распределителя с независимым управлением потоков.

Гидропривод является неотъемлемым звеном большинства мобильных машин. Основным управляющим элементом гидропривода является гидрораспределитель, который выполняет управление всеми рабочими органами.

Использование в гидроприводах пропорциональных электрогидравлических распределителей позволяет значительно улучшить управляемость, повысить точность позиционирования рабочего органа.

Для исследования характеристик работы пропорционального электрогидравлического распределителя с независимым управлением потоков разработана математическая модель и проведены сравнительные исследования его работы со следящей системой и без нее.

При применении следящей системы происходит корректировка входного сигнала $x(t)$, что позволяет обеспечить пропорциональный закон перемещения золотника второго каскада с минимальным отклонением Δ , что в несколько раз меньше, чем при отсутствии следящей системы.

Применение следящей системы обеспечивает минимизацию отклонения закона перемещения золотника второго каскада $y(t)$ от заданного (пропорционального).

Ключевые слова: пропорциональный электрогидравлический распределитель; следящая система; пропорциональность; золотник второго каскада.

Лозинский Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, Винницкий национальный технический университет, доцент кафедры технологии и автоматизации машиностроения, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net. (0432) 598391, Украина, 21021, г. Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 95, к. 1114.

Михайловский Игорь Сергеевич, Винницкий национальный технический университет, студент факультета машиностроения и транспорта, e-mail: igor_mihaylovskiy@ukr.net, Украина, 21021, г. Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 95.

Наконечная Анна Олеговна, Винницкий национальный технический университет, студентка факультета машиностроения и транспорта, e-mail: anya_nakonechna@gmail.com, Украина, 21021, г. Винница, ул. Хмельницкое шоссе, 95.