

УДК 621.22-226

**О.Є. Скворчевський** (канд. техн. наук, доц.)  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

## **ІНВАРІАНТНИЙ ДО $\varepsilon$ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ СЛІДКУЮЧИЙ ПРИВОД ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ**

*Метою дослідження є структурний синтез інваріантного до  $\varepsilon$  електрогідравлічного слідкуючого приводу зі змінною структурою. Поставлена задача вирішувалась евристичними методами із використанням теорії автоматичного керування та технічної гідравліки. В результаті була отримана необхідна принципова схема приводу, обґрунтована її працездатність. Використання принципів побудови інваріантних до  $\varepsilon$  слідкуючих систем та систем автоматичного керування зі змінною структурою дозволять створити уніфікований електрогідравлічний слідкуючий привод загальномашинобудівного призначення.*

**Ключові слова:** електрогідравлічний слідкуючий привод, абсолютна інваріантність, інваріантність до  $\varepsilon$ , зворотний зв'язок по перепаду тиску, системи автоматичного керування зі змінною структурою

***Актуальність створення інваріантних до  $\varepsilon$  електрогідравлічних слідкуючих приводів.***

В теорії автоматичного керування розглядається два принципи стабілізації вихідної величини: по компенсації її відхилень та по компенсації зовнішніх збурень. Системи, що реалізують принцип компенсації зовнішніх збурень отримали назву інваріантних слідкуючих систем. Абсолютна інваріантність до зовнішніх збурень можлива лише в обмеженій кількості слідкуючих систем. Вона досягається шляхом непомірного ускладнення слідкуючої системи, що не завжди виправдано. Найбільш прийнятним принципом керування є компенсація зовнішніх збурень з точністю до певної величини  $\varepsilon$ . Такі системи отримали назву інваріантних до  $\varepsilon$  слідкуючих систем [1, 2].

В гідравлічних приводах робоча рідина є не тільки засобом передачі потужності гідравлічному двигуну, вона також несе інформацію про зміну навантаження на вихідній ланці гідродвигуна. Таким чином гідравлічні приводи є перспективним об'єктом побудови інваріантних до  $\varepsilon$  слідкуючих систем.

Електрогідравлічні слідкуючі приводи умовно можна розділити на дві групи: приводи стабілізації зусилля та приводи стабілізації по-

ложення. Необхідність стабілізації тієї чи іншої вихідної величини обумовлюється машиною в якій використовується привод. Також бувають системи, які реалізують послідовно обидва способи регулювання. Уніфікація електрогідравлічних приводів для подальшого їх серійного випуску ставить умову можливості стабілізації зусилля або стабілізації положення в рамках одного приводу. При цьому перехід від одного до іншого способу регулювання має відбуватися за рахунок налаштувань керуючої електроніки. Цього можна досягти шляхом використання принципів побудови систем автоматичного керування зі змінною структурою [3].

### ***Рівень техніки електрогідравлічних слідкуючих приводів.***

Відома слідкуюча гідравлічна система [4], що містить сопло із дроселем постійного опору на його вході та регулюємий дросель у вигляді рухомої заслінки за допомогою якої можна перекидати вихідний отвір сопла. Цим досягається регулювання витрати рідини із сопла, а значить, регулювання тиску в камері сопла, що з'єднана із порожниною виконавчого гідравлічного двигуна. Порожнина виконавчого гідравлічного двигуна утворена корпусом і поршнем, котрий спирається на пружину. Таким чином досягається керування положенням поршня зі штоком у слідкуючому режимі.

Однак відсутність контурів зворотного зв'язку по положенню штока або тиску в порожнині виконавчого гідравлічного двигуна роблять слідкуючу систему [4] чутливою до зміни навантаження на штоку гідравлічного двигуна. Це практично унеможлиблює її використання у складі систем приводів в яких навантаження носить стохастичний характер, наприклад в електрогідравлічних підсилювачах керма транспортних засобів, начіпних системах тракторів тощо.

Відомі гідравлічні циліндри із вбудованими безконтактними магнітострикційними датчиками [5]. Такі гідравлічні циліндри, на вимогу замовника, можуть комплектуватися або двокаскадним електрогідравлічним підсилювачем на базі елементів сопло-заслінка та дрослюючого золотника, або гідравлічним розподільником із пропорційним електричним керуванням, таким чином утворюючи електрогідравлічний слідкуючий привод із контуром зворотного зв'язку по положенню штока. Причому така електрогідравлічна слідкуюча система має блочну будову та може вважатися мехатронним модулем. Розглянуті електрогідравлічні слідкуючі системи знайшли широке застосування у метало- та деревообробних верстатах, стендовому обладнанні, роботах, системах позиціонування та стабілізації антен, вітрових

електростанцій, для керування запірно-регулюючими елементами апаратури в нафтогазовій промисловості тощо.

Однак вони мають наступні недоліки. Магнітострикційні датчики мають середній рівень чутливості до ударів та вібрацій, що обмежує їх застосування у складі систем приводів сільськогосподарських, будівельно-дорожніх, комунальних машин. Також гідроциліндри [5] мають високу ціну, що не виправдовує їх застосування у складі систем приводів вищеназваних машин.

Створення електрогідравлічних слідкуючих приводів на основі гідроциліндрів [5] та електрогідравлічних підсилювачів на базі елементів сопло-заслінка та дроселюючого золотника ставить високі вимоги до класу чистоти робочої рідини, якого не завжди можна досягти в системах приводів мобільних машин. Використання замість електрогідравлічних підсилювачів гідравлічних розподільників із пропорційним електричним керуванням, особливо двокаскадних, збільшує масові та габаритні характеристики модульних електрогідравлічних слідкуючих приводів та погіршує їх динамічні характеристики.

Основним же недоліком гідравлічних циліндрів із вбудованими безконтактними магнітострикційними датчиками [5] потрібно визнати неможливість створення на їх основі систем приводів із контуром зворотного зв'язку по зусиллю на штоку гідроциліндра. Хоча саме такий спосіб регулювання використовується в начіпних системах тракторів, системах підтримання постійного зусилля натягу гусениць транспортних засобів, свердлильних верстатах, машинах для лиття металів та полімерних матеріалів під тиском тощо.

Відомий електрогідравлічний слідкуючий привод зі зворотним зв'язком по тиску навантаження [6], що містить гідравлічний циліндр, датчики зворотного зв'язку по тиску в порожнинах гідроциліндра, електрогідравлічний підсилювач або гідравлічний розподільник із пропорційним електричним керуванням. На думку авторів статті [6] такий електрогідравлічний слідкуючий привод забезпечить сталість зусилля подачі інструменту свердлильного верстату.

Однак електрогідравлічні підсилювачі золотникового типу та гідравлічні розподільники із пропорційним електричним керуванням призначені для регулювання не тиску, а витрати робочої рідини в гідравлічних приводах [7, 8, 9 та ін.]. Запірно-регулюючі елементи вказаних гідравлічних апаратів мають відносно малий гідравлічний опір і не дозволяють змінювати тиск в порожнині гідравлічного двигуна у значному діапазоні. Спроби регулювати тиск в порожнинах гідравлі-

чного двигуна за допомогою електрогідравлічних підсилювачів або гідравлічних розподільників будуть супроводжуватись значною зміною витрати рідини, що надходить до порожнин, и таким чином до значних коливань швидкості та положення штока із робочим органом. Стандартні схеми підключення електрогідравлічних підсилювачів та гідравлічних розподільників із пропорційним електричним керуванням серійного виробництва передбачають їх встановлення послідовно порожнинам гідравлічного двигуна [7, 8, 9 та ін.], що взагалі виключає можливість регулювання тиску за допомогою цих апаратів.

Відома електронногідравлічна система натягу гусениці транспортного засобу [10], що містить гідравлічний циліндр зі штоком, поршнем, штоковою та поршневою порожнинами, нагнітальну лінію із вхідним дроселем, дренажну лінію, лінію керування тиском, елемент сопло-заслінка нормально-закритого типу [11], що приводиться до руху пропорційним електромагнітом [12], датчик тиску із електричним виходом, електронний блок керування.

Однак, сфера застосування такої електронногідравлічної системи обмежена машинами в яких необхідно підтримувати постійним або регулювати за заданим законом лише зусилля на штоку гідравлічного двигуна. Позиційного способу регулювання положення вихідної ланки система [10] не передбачає.

В роботі [13] розглядаються принципи синтезу інваріантного стабілізатору танкової гармати. Інваріантність тут досягається шляхом введення у алгоритм стабілізації інформації про перепад тисків у порожнинах виконавчого гідроциліндра.

Однак вказана інваріантна електрогідравлічна слідкуюча система дуже специфічна, тому що працює із великим інерційним навантаженням – танковою гарматою, яку необхідно стабілізувати із високою точністю. Саме тому принципи побудови структурної схеми інваріантного стабілізатору танкової гармати лише частково придатні для слідкуючих приводів загальномашинобудівного застосування.

### ***Постановка задачі дослідження.***

Задачею статті є представлення результатів структурного синтезу електрогідравлічного слідкуючого приводу інваріантного до  $\varepsilon$ . Причому один і той же привод повинен мати можливість стабілізації як зусилля так і положення на вихідній ланці гідравлічного двигуна.

**Результати структурного синтезу інваріантного до  $\varepsilon$  електрогідравлічного слідкуючого приводу.**

Конструкція запропонованого електрогідравлічного слідкуючого приводу (рис.) являє собою гідроциліндр (1) із поршневою порожниною (2) утвореною його корпусом та поршнем (3). До поршневої порожнини (2) під'єднаний датчик тиску (4) електричний сигнал зворотного зв'язку  $u_{13.3.}$  від якого надходить до електронного блоку керування (5), до якого, також, надходить керуючий сигнал  $u_{кер.}$  та електричний сигнал зворотного зв'язку  $u_{23.3.}$  від датчику (6) під'єданого до штокової порожнини (7) в якій окрім штоку (8) знаходиться пружина (9). Паралельно штоковій порожнині (7) до нагнітальної лінії (10) під'єднаний електрогідравлічний підсилювач (11) [11], що складається із пропорційного електромагніту (12) [12], який приводить до руху послідовно встановлені елемент сопло-заслінка (13) та електрокерований зворотний клапан (14).

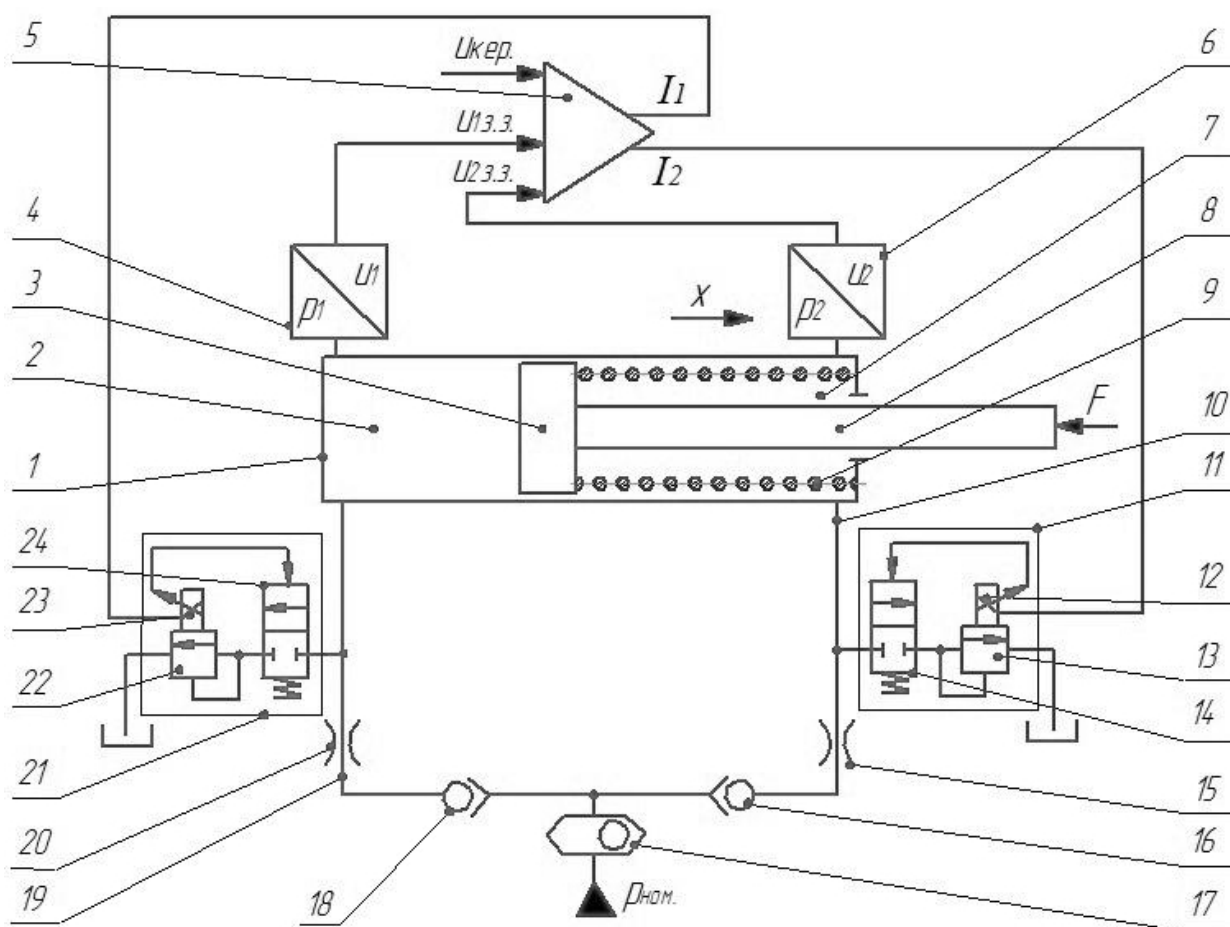


Рис. 1 - Принципова схема інваріантного до  $\varepsilon$  електрогідравлічного слідкуючого приводу зі змінною структурою

Перед електрогідравлічним підсилювачем (11) встановлено дросель (15) постійного опору та зворотний клапан (16). Логічний клапан «або» (17) встановлений таким чином, щоб перемикає потік рідини між нагнітальними лініями (10) та (19) в залежності від перепаду тиску в поршневій (2) та штоковій (7) порожнинах. Нагнітальна лінія (19) через зворотний клапан (18) та дросель (20) постійного опору забезпечує подачу рідини до поршневої порожнини (2). Паралельно якій встановлено електрогідравлічний підсилювач (21) [11], що складається із пропорційного електромагніту (23) [12], який приводить до руху послідовно встановлені елементи сопло-заслінка (22) та електрокерований зворотний клапан (24). Керуючий сигнал надходить до пропорційних електромагнітів (12), (23) від електронного блоку (5).

При реалізації силового способу регулювання електрогідравлічний слідкуючий привод працює наступним чином.

У вихідному положенні керуючий сигнал  $u_{кер.}$  на електронний блок (5) не подається, отже сигнали  $I_1$  та  $I_2$  на електромагніти (23) та (12), відповідно, також відсутні. Електрокеровані зворотні клапани (24) та (14) знаходяться в закритому положенні та виключають непродуктивну витрату робочої рідини через елементи сопло-заслінка (22) та (13) відповідно. Тиск в поршневій (2) та штоковій (7) порожнинах визначається навантаженням на штоку (8). Завдяки пружині (9) поршень (3) зі штоком (8) знаходяться у нейтральному положенні.

При необхідності підтримання постійним зусилля на штоку (8) гідроциліндра (1) незалежно від змін навантаження  $F$  на електронний блок (5) подається відповідний керуючий сигнал. Після його обробки формується максимальне значення керуючого сигналу  $I_2$ , що забезпечує відкриття електрокерованого зворотного клапану (14) та відкриття елемента сопло-заслінка (13). Струм керування  $I_1$  формується таким чином, щоб зворотний клапан (24) відкрив сполучення елемента сопло-заслінка із нагнітальною лінією (19), а елемент сопло-заслінка підтримував тиск  $p_1$  в поршневій порожнині (2) гідроциліндра (1) відповідно до навантаження  $F$ . Під дією перепаду тиску  $(p_1 - p_2)$  логічний клапан «або» (17) перемикається таким чином, що виключає непродуктивну витрату робочої рідини через елемент сопло-заслінка (13), причому в штоковій порожнині (7) встановлюється тиск, що дорівнює тиску зливу.

При зміні навантаження  $F$  шток (8) із поршнем (3) починають рухатись доти, доки воно не буде знову дорівнювати зусиллю тиску

$p_1$ , що діє на поршень (3). Стабільність роботи системи, відсутність різких коливань положення поршня (3) із штоком (8) тут досягається завдяки контуру зворотного зв'язку по тиску  $p_1$ : датчик тиску (4) подає сигнал зворотного зв'язку  $u_{13.3}$ . до електронного блоку (5), який у відповідності до сигналу  $u_{13.3}$ . корегує струм  $I_1$ , що подається на пропорційний електромагніт (23).

Такий принцип підтримання зусилля навантаження постійним за рахунок зміни положення штока гідроциліндру може бути застосований у машинах для лиття металів чи полімерів під тиском, при реалізації силового способу регулювання глибини обробітку ґрунту в начіпних системах тракторів тощо.

Забезпечення певного закону зміни тиску в поршневій порожнині (2) гідроциліндру (1) по часу  $p_1(t)$  досягається шляхом відповідної зміни у часі керуючого сигналу  $u_{кер.}(t)$ . Причому відповідність зміни  $p_1(t)$  закону зміни  $u_{кер.}(t)$  досягається завдяки контуру зворотного зв'язку по тиску, реалізованому за допомогою датчика (4). Такий принцип керування електрогідравлічним слідкуючим приводом може бути застосований у випробувальному обладнанні, машинах для вирощування штучних алмазів тощо.

Розглянуті вище способи підтримання постійним або зміни по необхідному закону у часі тиску  $p_1$  будемо називати силовими, оскільки вони забезпечують стабілізацію або зміну по необхідному закону зусилля на штоку (8) гідроциліндру (1).

При реалізації позиційного способу регулювання електрогідравлічний слідкуючий привод працює наступним чином. Підтримання постійного положення штока (8) досягається завдяки підтриманню постійного перепаду тиску ( $p_1 - p_2$ ), а отже і постійного зусилля на поршні (3) зі штоком (8) та лінійній характеристиці пружини (9).

Розглянемо ситуацію коли показану на рис., тобто зусилля навантаження діє на робочу рідину замкнену в поршневій порожнині (2), а необхідний напрямок руху  $x$  досягається за рахунок зменшення штокової порожнини (7). При відсутності сигналу керування  $u_{кер.}$  тиск в штоковій порожнині (7) дорівнює номінальному ( $p_2 = p_{ном.}$ ), а тиск у поршневій порожнині (2) визначається навантаженням  $F$ , через те, що в нагнітальній лінії (19) встановлено зворотний клапан (18). Логічний клапан «або» (17) займає позицію показану на рис. та унеможливорює подачу робочої рідини через нагнітальну лінію (10) до

штокової порожнини (7). Датчики (4) та (6) вимірюють тиски  $p_1$  та  $p_2$  у поршневій (2) та штоковій (7) порожнинах відповідно.

При необхідності встановлення поршня (3) зі штоком (8) в певну позицію на вхід електронного блоку подається відповідний керуючий вплив  $u_{кер.}$ . Після цього відбувається порівняння сигналів зворотного зв'язку  $u_{1з.з.}$  та  $u_{2з.з.}$  від датчиків (4) та (6) відповідно із подальшим виробленням сигналу  $I_2$ , який забезпечить увімкнення електромагніту (12) для переключення зворотного клапану (14) у відкрите положення та встановлення елемента сопло-заслінка (13) в позицію, яка забезпечить зменшення тиску  $p_2$  робочої рідини у штоковій порожнині (7) гідроциліндру (1). Під дією перепаду тиску ( $p_1 - p_2$ ) поршень (3) зі штоком (8) почнуть рухатись в напрямку  $x$ , показаному на рис. Так як тиск  $p_1$  в поршневій порожнині (2) почне змінюватись від рівня, що визначається навантаженням  $F$  до значення  $p_{ном.}$ , то в процесі регулювання тиск в порожнинах гідроциліндру (1) постійно контролюється датчиками (4) та (6). Сигнал  $I_2$  корегується у відповідності до зміни перепаду тиску ( $p_1 - p_2$ ) в поршневій (2) та штоковій (7) порожнинах гідроциліндра (1). При встановленні перепаду тисків ( $p_1 - p_2$ ) на рівні, що відповідає керуючому сигналу  $u_{кер.}$ , завдяки лінійній характеристиці пружини (9), досягається фіксація, визначеного сигналом керування  $u_{кер.}$ , положення поршня (3) зі штоком (8) гідроциліндру (1). Система входить в усталений режим роботи.

Для компенсації можливих коливань навантаження  $F$  тиск в порожнинах (2) та (7) гідроциліндру (1) постійно контролюється датчиками (4) та (6) відповідно від яких сигнали зворотного зв'язку  $u_{1з.з.}$  та  $u_{2з.з.}$  надходять до електронного блоку (5) де ці сигнали порівнюються. Електронним блоком (5) формується струм  $I_2$  керування пропорційним електромагнітом (12) таким чином, щоб елемент сопло-заслінка встановлював тиск  $p_2$  у штоковій порожнині (7) гідроциліндру (1) так, щоб перепад тисків ( $p_1 - p_2$ ) залишався постійним. В результаті завдяки підтриманню постійного перепаду тисків ( $p_1 - p_2$ ) та лінійній характеристиці пружини (9) досягається стабілізація положення поршня (3) із штоком (7) гідроциліндру (1) у відповідності із керуючим впливом  $u_{кер.}$ .



При необхідності досягнення руху поршня (1) зі штоком (8) у напрямку  $x$  протилежному тому, що показаний на рис., а також при вичерпанні можливості стабілізації положення поршня (3) зі штоком (8) за рахунок зміни тиску  $p_2$  елементом сопло-заслінка (13) на пропорційний електромагніт (23) електронним блоком (5) подається струм керування  $I_1$ . Електрокерований зворотний клапан (24) перемикається та починається регулювання тиску  $p_1$  за допомогою елементу сопло-заслінка (22). Причому сигнал  $I_2$  може як надходити на електромагніт (12) із забезпеченням регулювання тиску  $p_2$  елементом сопло-заслінка (13), так і не надходити. В випадку якщо сигнал  $I_2$  відсутній електрокерований зворотний клапан (14) переводить електрогідравлічний підсилювач (11) в закриті положення. Тиск у штоковій порожнині (7) встановлюється на рівні номінального  $p_2 = p_{ном}$ , а регулювання здійснюється за допомогою електрогідравлічного підсилювача (21). Рішення про використання обох електрогідравлічних підсилювачів (11) та (21) або лише одного із них приймається електронним блоком (5) в залежності від характеру відхилення перепаду тиску ( $p_1 - p_2$ ) від встановленого рівня.

Якщо напрямок зусилля навантаження  $F$  протилежний тому, що показаний на рис. електрогідравлічний слідкуючий привод працює аналогічно з тією лише різницею, що електрогідравлічний підсилювач (21) є основним гідроапаратом завдяки якому відбувається підтримання постійного перепаду тиску ( $p_1 - p_2$ ). Тим часом електрогідравлічний підсилювач (11) є допоміжним, тобто в основному перебуває у вимкненому стані і використовується лише у випадках коли можливості підтримання перепаду тисків ( $p_1 - p_2$ ) за рахунок електрогідравлічного підсилювача (21) вичерпуються.

Окрім режиму фіксації положення поршня (3) зі штоком (8) за рахунок підтримання постійним перепаду тисків в поршневій (2) та штоковій (7) порожнинах гідроциліндру (1) та лінійної характеристики пружини (9) електрогідравлічний слідкуючий привод може працювати в режимі керування положенням штока (8) по часу  $x(t)$ . Для цього перепад тисків  $|p_1 - p_2|$  має змінюватись у часі в залежності від зміни керуючого сигналу  $u_{кер.}(t)$ . Принцип роботи електрогідравлічного слідкуючого приводу аналогічний описаному вище, з тією лише різницею, що вихідні сигнали електронного блоку (5) – струми  $I_1$  та  $I_2$  формуються із урахуванням зміни  $u_{кер.}(t)$ .

Необхідно також відмітити, що одночасно із стабілізацією або керуванням по заданому закону положенням штока (8) досягається і підтримання постійним або керування по заданому закону зусиллям на ньому завдяки підтриманню постійного перепаду тиску  $|p_1 - p_2|$ .

Описаний вище спосіб керування може бути використаний при реалізації позиційного способу регулювання глибини обробітку ґрунту в начіпних системах тракторів, в екскаваторах, навантажувачах, грейдерах а також інших будівельно-дорожніх машинах, в апаратурі нафтогазового та теплотехнічного обладнання тощо.

### ***Висновки та перспективи подальших досліджень.***

Поставлена задача структурного синтезу інваріантного до  $\varepsilon$  електрогідравлічного слідкуючого приводу вирішується тим, що окрім контуру зворотного зв'язку по тиску в робочих порожнинах гідроциліндру, який забезпечує підтримання постійним або регулювання по заданому закону зусилля на штоку гідроциліндра, реалізований контур зворотного зв'язку по перепаду тисків в робочих порожнинах гідроциліндра. Підтримання постійним або керування по заданому закону перепадом тиску в робочих порожнинах гідроциліндру, забезпечить, завдяки встановленій в штоковій порожнині пружині, підтримання постійним або керування по заданому закону положенням штока гідроциліндра незалежно від навантаження. Причому контур керування положенням штока реалізований на основі тих же самих елементів сопло-заслінка нормально-закритого типу із пропорційними електромагнітами, датчиків тиску, електронного блоку керування що і контур зворотного зв'язку по тиску. Перехід із режиму стабілізації зусилля в режим стабілізації положення штока досягається зміною алгоритмів керування електрогідравлічними підсилювачами тиску.

Серед перспектив подальших досліджень необхідно відмітити розробку конструктивної схеми приводу, який повинен являти собою мехатронний модуль в якому будуть інтегровані гідравлічні, електричні та електронні компоненти.

### Список літератури

1. Регулирование по возмущению / Г.М. Уланов. – М.-Л. : Госэнергоиздат, 1960. – 112 с.
2. Яворский В.Н. Проектирование инвариантных следящих приводов / В.Н. Яворский, А.А. Бессонов, А.И. Коротаев. – М.: Высшая школа, 1963. – 476 с.
3. Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой / С.В. Емельянов. – М.: Наука, 1967. – 336 с.
4. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов / Т.М. Башта. – изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1967. – 495 с.
5. NMIX Hydraulic cylinders with integrated transducers / Catalogue HY07-1175/UK POD 08/2010 TMCZ. – Parker Hannifin Corporation, 2010. – 12 с.

6. Струтинский В.Б. Электрогидравлический следящий привод с обратной связью по давлению нагрузки / В.Б. Струтинский, В.Н. Тихенко // Труды Одесского политехнического университета. – 2008. – Вып. 1 (29). – С. 16-22.
7. MOOG Durchflub-Servoventile baureihe 76: каталог фирмы MOOG. – 24 с.
8. Hydraulik- und elektronik-komponenten für proportional- und servo-systeme. – Würzburg: Mannesmann Rexroth GmbH, 1988. – 496 с.
9. Гидравлическое оборудование: каталог. – М.: ВНИИТЭМР, 1992. – Ч. 3. – 60 с.
10. Скворчевський О.Є. Галузі застосування багатофункціональних пропорційних електрогидравлических перетворювачів / О.Є. Скворчевський // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – 2007. – № 3(109). – С. 148-153.
11. Электрогидравлический підсилювач: пат. 76766 Україна, МПК (2006) F15B 3/00 / Скворчевський О.Є.; заявник та патентовласник Скворчевський О.Є. – № 2004021138 ; заявл. 17.02.2004 ; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9.
12. Пропорційний електромагніт: пат. 75780 Україна, МПК (2006) H01F 7/08 / Скворчевський О.Є.; заявник та патентовласник Скворчевський О.Є. – 20040705646 ; заявл. 12.07.2004 ; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.
13. Аблесімов О.К. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами : навч. посібник : у 4 т. – Т. 3 : Автоматичне керування озброєнням танків / О.К. Аблесімов, Є.Є. Александров, І.Є. Александрова; за заг. ред. Є.Є. Александрова. – Х. : НТУ «ХПІ», 2008. – 444 с.

Стаття надійшла до редакції 05.10.2012

***А.Е. Скворчевский. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»***

**Инвариантный к  $\varepsilon$  электрогидравлический следящий привод с переменной структурой.**

*Целью исследования является структурный синтез инвариантного к  $\varepsilon$  электрогидравлического следящего привода с переменной структурой. Поставленная задача решалась эвристическими методами с использованием теории автоматического управления и технической гидравлики. В результате была получена необходимая принципиальная схема привода, обоснована ее работоспособность. Использование принципов построения инвариантных к  $\varepsilon$  следящих систем и систем автоматического регулирования с переменной структурой позволят создать унифицированный электрогидравлический следящий привод общемашиностроительного применения.*

**Ключевые слова:** электрогидравлический следящий привод, абсолютная инвариантность, инвариантность к  $\varepsilon$ , обратная связь по перепаду давлений, система автоматического управления с переменной структурой.

***A. Skvorchevsky. National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”***

**Invariant to  $\varepsilon$  Electrohydraulic Servo Drive with Variable Structure.**

*The research is aimed at the structural synthesis of an invariant to  $\varepsilon$  electrohydraulic servo drive. The problem was solved using heuristics methods and taking into account the theory of automatic control and technical hydraulics. As a result we obtained a schematic diagram of an invariant to  $\varepsilon$  electrohydraulic servo drive with variable structure, and justified its performance.*

**Keywords:** electrohydraulic servo drive, absolute invariance, invariance to  $\varepsilon$ , differential pressure feedback, automatic control system with variable structure.