

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ БЛОЧНО-ПОРЦІЙНОГО ВІДОКРЕМЛЮВАЧА КОНСЕРВОВАНОГО КОРМУ

### EXPERIMENTAL MODEL FOR THE STUDY OF HYDRAULIC ACTUATORS BLOCK SEPARATOR PORTION OF CANNED FEED

*Мета.* З метою перевірки адекватності результатів математичного моделювання роботи системи гідравлічних приводів блочно-порційного відокремлювача консервованого корму запропоновано експериментальний стенд для дослідження її характеристик та оцінки відповідності розрахунковим даним.

*Методи дослідження.* Визначення статичних і динамічних характеристик системи гідроприводів блочно-порційного відокремлювача. Застосування електромеханічних та гідравлічних засобів навантаження виконавчих гідро двигунів, комп'ютеризованої системи реєстрації та оброблення результатів експериментів. Використання методів планування експерименту, фізичне моделювання.

*Результати дослідження.* Запропоновано конструкцію стенда, яка дозволяє дослідити характеристики системи гідроприводів при змінні в широкому діапазоні параметрів, та визначають зовнішні дії на указану гідросистему. Показано достатньо близьке співпадання результатів математичного та фізичного моделювання роботи системи гідроприводів блочно-порційного відокремлювача консервованого корму.

*Висновки.* Підтверджено адекватність результатів математичного моделювання та експериментальних досліджень, що дозволяє рекомендувати розрахункові залежності до використання при розробленні систем гідроприводів блочно-порційних відокремлювачів консервованого корму.

*Ключові слова:* блочно-порційний відокремлювач консервованого корму, система гідроприводів, експериментальний стенд, результати експерименту.

#### Вступ

У сільськогосподарських підприємствах України з року в рік збільшується заготівля консервованого корму, а наявності новітніх високопродуктивних машин, які забезпечують відокремлення корму з траншей і їх вивантаження, у виробництві поки що не має.

Аналіз сучасних тенденцій удосконалення засобів механізації процесів вивантаження консервованих кормів з траншейних сховищ свідчить, що останнім часом найбільшого розвитку набули розробки нових конструкцій та виробництво машин, які працюють за способом блочно-порційного вивантаження [1]. За даним способом в найбільшій степені забезпечується відповідність вивантажувачів консервованих кормів зоотехнічним вимогам, суттєво зменшуються втрати поживності корму.

Також слід зазначити, що спостерігається тенденція у світовому і вітчизняному розвитку сільськогосподарської техніки до створення багатофункціонального гідравлічного привода, направлено на підвищення продуктивності, потужності, а також на зменшення енергоємності і покращення динамічних характеристик [2]. Тому проблема розробки обґрунтованих раціональних структур

і параметрів об'ємного гідравлічного привода, що дозволяє підвищити ефективність функціонування сільськогосподарських машин, є актуальним завданням сьогодення.

Україна має потужний потенціал сільськогосподарського машинобудування, який спроможний забезпечити тваринницьку галузь сучасним обладнанням, але за багатьма причинами — економічного, технологічного характеру, відсутністю наукового обґрунтування, сьогодні не створено умов для виготовлення високотехнологічного обладнання для блочно-порційного вивантаження консервованих кормів із траншейних сховищ. До числа принципових причин слід також віднести відсутність перспективних оригінальних конструктивних розробок, які б забезпечили конкурентоспроможність даної продукції як в Україні, так і за кордоном.

Значний прогрес в області моделювання різноманітних технічних систем, а також засобів та програмних продуктів комп'ютерного забезпечення математичного моделювання дозволяє забезпечити всебічний аналіз характеристик запропонованих конструкцій машин, у тому числі для механізації процесів у тваринництві.

Проведенні дослідження математичної моделі системи гідроприводів блочно-порційного відокремлювача консервованого корму свідчать про широкі можливості створення ефективного та енергоощадного привода подібних машин [3]. Використання ефекта адаптації приводів до умов відділення порції консервованого корму дозволяє суттєво підвищити продуктивність машин без підвищення потужності приводів.

## Мета та постановка задачі

Експериментальне підтвердження працездатності розробленої системи гідравлічних приводів блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів, вивчення робочих процесів та характеристик гідропривода при зміні параметрів його роботи, а також порівняння характеристик гідропривода, аналітично розрахованих, з отриманими експериментально.

Задачею дослідження є перевірка адекватності спрощень і припущень, які були використані при розробленні математичної моделі, обґрунтування особливостей робочих процесів, що відбуваються у системі гідравлічних приводів блочно-порційного відокремлювача, що зумовлені взаємодією робочої рідини з рухомими елементами гідроагрегатів, коливанням тиску, витратою та відносно малою областю відкриття виконавчого елемента розподільника потоку.

## Методика дослідження

Значні капіталовкладення, необхідні для виготовлення дослідного зразка сільськогосподарської машини, вимагають детального дослідження фізичної моделі системи гідроприводів блочно-порційного відокремлювача консервованого корму. В цих умовах всебічне дослідження фізичної моделі дозволяє перевірити адекватність результатів, отриманих в процесі математичного моделювання, та визначити необхідні удосконалення запропонованої системи гідроприводів.

Особливості технології інженерного дослідження фізичної моделі передбачають використання імітаційного завантаження на вихідних ланках гідродвигунів та визначення витрат робочої рідини, наближених до реальних характеристик робочих процесів.

У методиках проектування самохідних машин, велику увагу приділяється розробці гідропривода керування робочим обладнанням. З метою забезпечення надійності системи на етапі проектування традиційно розглядаються розрахункові положення, які відповідають найнесприятливішому навантаженню. Серед усіх методик умовно можна виділити дві основні групи [4]:

а) методики, ґрунтовані на аналізі статичних розрахункових схем;

б) методики, ґрунтовані на аналізі динамічних моделей руху.

У більшості випадків методики проектування гідроприводів робочого обладнання навантажувачів базуються

на розгляданні плоских розрахункових схем. У якості зовнішніх навантажень розглядається гранична статична сила, або сила, що відповідає стандартним робочим навантаженням.

Дослідження перехідних процесів, пов'язаних з різким зростанням навантаження на робочому обладнанні при інтенсивному заглибленні робочого обладнання, показує, що динамічні зусилля можуть в 1,2–1,5 рази перевищувати їх статичний рівень [5]. Подібне пікове навантаження призводить до аналогічних перевантажень гідропривода.

Таким чином, процес формування навантажень, діючих на робоче обладнання машин при виконанні технологічних операцій, носить складний характер.

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено методику, що включає в себе:

- планування експеримента;
- вибір обладнання і вимірювальних засобів;
- визначення умов постановки дослідів;
- аналіз отриманих результатів.

## Виклад основного матеріалу

Принципову конструктивну схему нового блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів з траншейних сховищ, показано на рисунку 1. Блочно-порційний відокремлювач (рисунк 1) складається з вертикальної рами 1, на нижньому брусі 8 якої закріплено вила 3, також на рамі розміщено П-подібну рамку 4 з ріжучими ножами у нижній частині, вертикальне переміщення якої здійснюється за допомогою гідроциліндра 6 двосторонньої дії, а відокремлення консервованого корму від моноліту у вертикальній площині здійснюється різальним механізмом 5 з приводом від гідромотора 2. Блочно-порційний відокремлювач розміщується на фронтальному навантажувачі 10 на базі трактора МТЗ 82[6].

Блочно-порційний відокремлювач працює таким чином: при крайньому верхньому положенні П-подібної рамки 4 вила 3 під напором трактора горизонтально впроваджуються в кормову масу, фіксуючи її відносно механізму. Після цього включаються гідроциліндр 6 і гідромотор 2. Гідроциліндр 6 забезпечує зворотно-поступальне переміщення П-подібної рамки у вертикальній площині через поперечну тягу 7 та направляючі 9. Зворотно-поступальний рух рухомих ножів здійснюється за допомогою гідромотора 2. При вертикальному переміщенні П-подібної рамки по направляючих відверху донизу відрізана порція корму має форму паралелепіпеда. Для відділення наступної порції корму П-подібна рамка вертається у верхнє положення, здійснюючи холостий хід, після чого процес повторюється.

При розробці гідравлічного привода блочно-порційного відокремлювача було створено математичну модель, адекватність якої залежить від достовірності прийнятих залежностей [7].

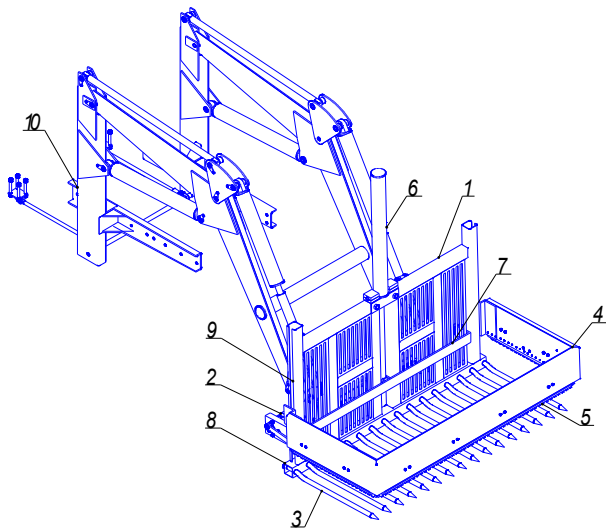


Рисунок 1 – Блочно-порційний відокремлювач на фронтальному навантажувачі: 1 – вертикальна рама, 2 – гідромотор, 3 – вилі, 4 – П-подібна рама, 5 – різальний механізм, 6 – гідроциліндр, 7 – тяга, 8 – нижній брус, 9 – направляюча, 10 – фронтальний навантажувач

Тому при розробленні експериментального стенда необхідно передбачити можливість урахування усіх можливих режимів роботи, у тому числі нестационарних, системи гідроприводів (взаємодія робочої рідини з рухомими елементами гідроагрегатів, її течія в каналах з місцевими опорами та щілинах, наявність витоків і перетоків, коливання тиску, витрати гідроагрегатів, коливання системи запірнорежуючих та пружних елементів) [8].

На рисунках 2, 3 показано гідралічну схему та 3-D модель експериментального стенда для дослідження системи гідралічних приводів блочно-порційного відокремлювача. Схема стенда включає такі основні складові: систему живлення, систему навантаження, систему реєстрації та розроблений золотниковий розподільник потоку з лінією керування.

Експериментальний стенд – це досліджувана система гідралічного привода блочно-порційного відокремлювача з дросельним регулюванням швидкості.

Для управління швидкістю руху вихідної ланки виконавчого двигуна гідроприводів застосовують регульовані дроселі. Залежно від місця розташування дроселя розрізняють схеми первинного (дросель встановлений у напірній лінії виконавчого двигуна) і вторинного (дросель встановлений в зливній лінії виконавчого двигуна) регулювання швидкості руху вихідної ланки [9].

Роздільне регулювання швидкості руху вихідної ланки на зворотному ході поршня забезпечується установкою регульованих дроселів із зворотними клапанами в штоковій лінії гідроциліндра. Схема регулювання методом підпору на зливі має більші переваги порівняно із схемою установки дроселя в напірній лінії. Це зв'язано з тим, що:

- дросель, встановлений у зливній лінії, забезпечує підвищений рівень тиску в обох порожнинах гідроциліндра, перешкоджає виділенню розчиненого повітря з рідини і підвищує рівномірність швидкості руху вихідної ланки;

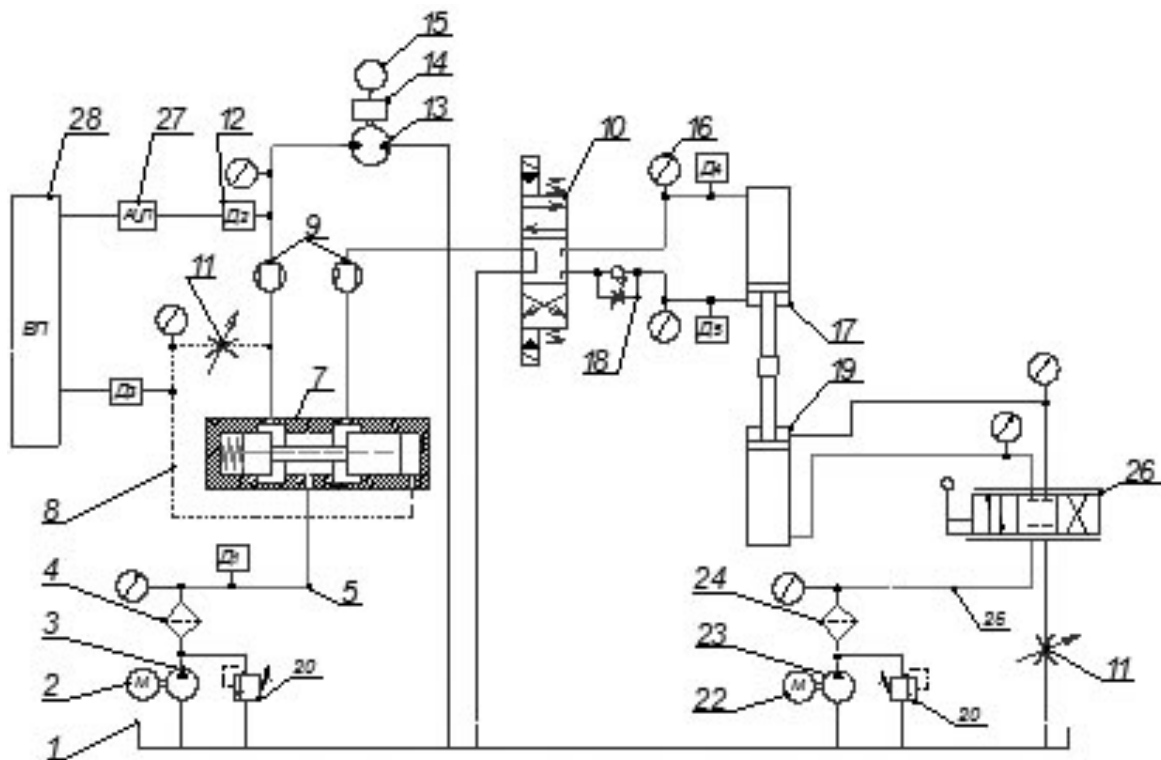
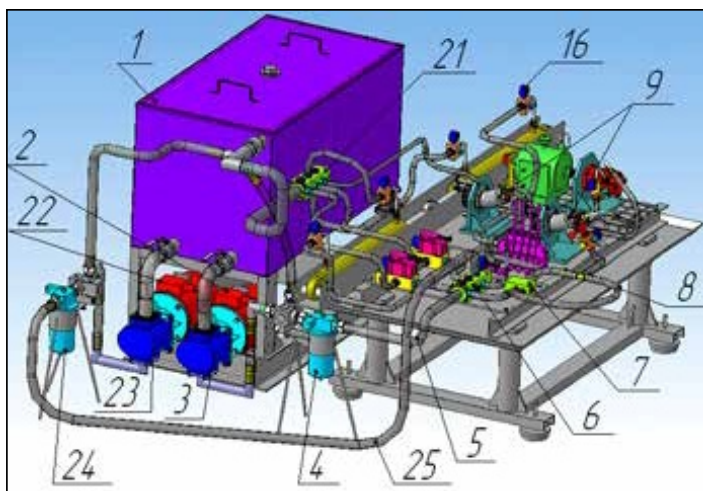
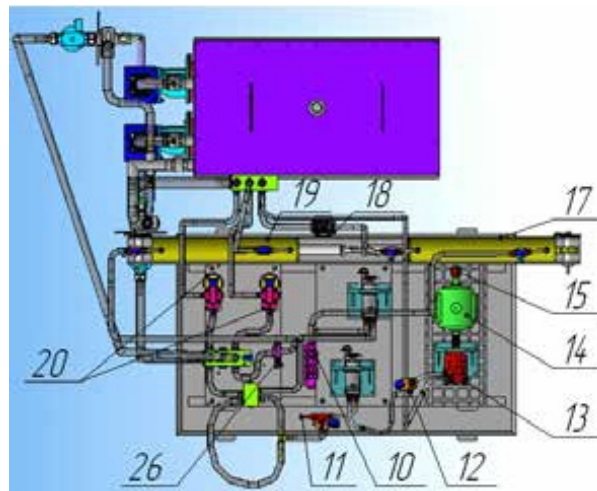


Рисунок 2 – Гідралічна схема експериментального стенда





а



б

Рисунок 3 — 3D модель експериментального стенда: 1 — гідробак, 2 — електромотор, 3 — насос,

4 — фільтр, 5 — лінія нагнітання, 6 — колодка напірна, 7 — золотниковий розподільник потоку, 8 — лінія керування, 9 — вимірювачі витрат, 10 — чотирьохлінійний трипозиційний розподільник з електрогідравлічним керуванням, 11 — дросель, 12 — датчик тиску, 13 — гідромотор,

14 — порошковий гідродвигун, 15 — тахогенератор, 16 — манометр, 17 — напірний гідроциліндр, 18 — зворотний клапан, 19 — гідроциліндр, 20 — запобіжні клапани, 21 — колодка зливна, 22 — електромотор, 23 — насос, 24 — фільтр, 25 — лінія нагнітання, 26 — позиційний розподільник, 27 — аналоговоцифровий перетворювач, 28 — вимірювальний пристрій

а) загальний вид стенда; б) вид в плані

- теплота, що виділяється з дроселя, зумовлена перетворенням механічної енергії у теплову, відводиться безпосередньо до баку і не спричиняє додаткового нагріву гідроциліндра;

- підпір на зливні знижує небезпеку наслідків аварійних ситуацій при несанкціонованій зміні знака навантаження.

Система живлення гідропривода складається з насосної станції, що включає у себе електромотор 2, насос 3 постійного робочого об'єму  $q=10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ , напірний фільтр 4 (номінальна точність фільтрації до 25 мкм), запобіжний клапан 20, що обмежує значення максимального тиску в гідроприводі в аварійних режимах, гідробак 1. До складу привода входить також золотниковий розподільник потоку 7 з лінією керування 8, гідромотор 13, напірні гідролінії привода (різального механізму), чотирьохлінійний трипозиційний розподільник електро-гідравлічним керуванням 10, гідроциліндр 17, гідролінії зливу, зворотний клапан 18, дросель 11.

Для імітації робочого процесу досліджувана система гідравлічного привода блочно-порційного відокремлювача піддавалась навантаженню. Безпосередньо навантажувався привод ножового механізму (гідромотор) та силовий гідроциліндр подачі П-подібної рамки.

Навантаження вала гідромотора 13 здійснювалось за допомогою порошкового гальма ПТ-2,5М1 14 з максимальним гальмівним моментом 25 Нм. Необхідне значення Мм встановлюється за допомогою регульованого джерела постійного струму. Як робоча рідина використовується масло індустріальне М-10В (густина  $905 \text{ кг/м}^3$ ,

кінематична густина при температурі  $100^\circ\text{C} - 11 \pm 0.5 \text{ мм}^2/\text{с}$  по ГОСТ 8581-78).

Експериментальне дослідження силового гідроциліндра проводилось для вивчення особливостей його роботи, перевірки розроблених методів розрахунку і виявлення впливу на результати розрахунку припущень, прийнятих при їх складанні, а також для визначення типових динамічних характеристик.

Для дослідження силового гідроциліндра 17 розроблено схему, що складається з насосної станції (електромотор 22, насос 23, фільтр 24, лінія нагнітання 25), вимірювача витрат 9, манометра, гідроциліндра 19, навантаження якого може змінюватися через гідророзподільник дискретної дії 26 та регульований дросель, що служить для імітації навантаження. Зменшення провідності регульованого дроселя забезпечує збільшення тиску в штоковій порожнині гідроциліндра 19. Таким чином, при вмиканні позиційного гідророзподільника 26 задається ступінчасте збільшення або зменшення навантаження на штоці гідроциліндра 19.

Протягом дослідження системи гідравлічного привода блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів використовувався дослідний зразок розподільника потоку (рисунок 4) з лінією керування 8 (рисунок 2), що дозволяє підтвердити дієздатність розробленої конструкції, визначення досліджуваних характеристик, а також підтвердження адекватності розробленої математичної моделі.

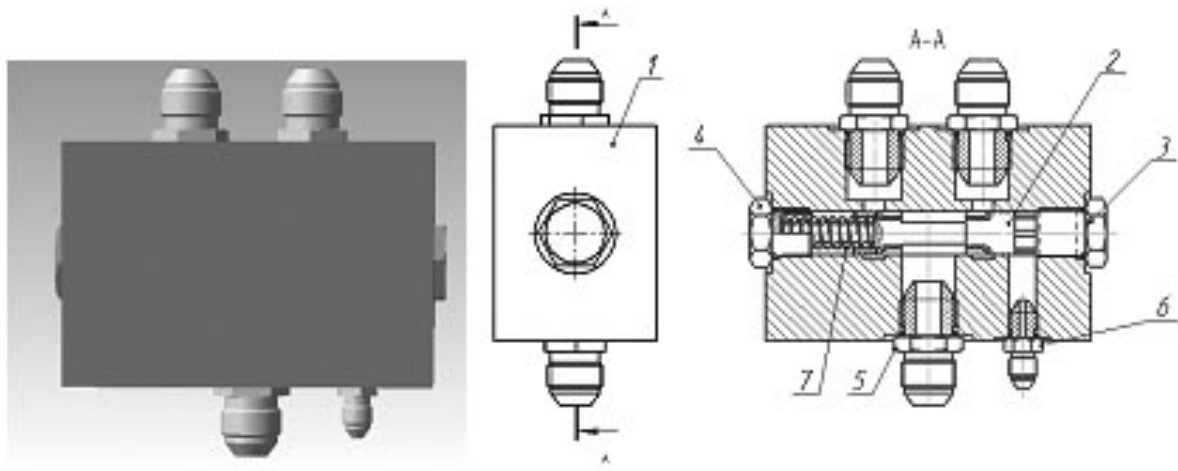


Рисунок 4 — Дослідний зразок золотникового розподільника потоку  
1 — корпус, 2 — золотник, 3 — упор, 4 — кришка пружини, 5, 6 — штуцер прохідний, 7 — пружина

До системи реєстрації входять: манометри, датчики тиску, тахогенератор, аналогово-цифровий перетворювач АЦП та персональний комп'ютер ПК.

Для вимірювання кутової швидкості обертання вала гідромотора було застосовано тахогенератора постійного струму ТГП-1А (рисунок 5), який приводився в рух від вала порошкового гальма. Даний тахогенератор має номінальну частоту обертання 3000 об/хв, нелінійність зміни вихідної напруги не перевищує 2%, асиметрія вихідної напруги становить 1%.



Рисунок 5 — Тахогенератор ТГП-1А

Тиск у гідролініях досліджуваної фізичної моделі системи гідроприводів в статичному режимі контролювання за допомогою манометрів ТУ 25-2021.010-89. Клас точності (по ГОСТ 2405-88): НД 160-1.5.

Тиск у гідролініях у динамічному режимі роботи здійснювалось за допомогою датчиків тиску фірми *Danfoss MBS 3050* (рисунок 6).

Датчики тиску моделі *MBS 3050* мають вихідний сигнал у вигляді струму, який змінюється від 4 мА при відсутності тиску ( $p = 0$ ) до 20 мА при тиску 16 МПа. При включенні до вихідного електричного ланцюга датчика зовнішнього резистора  $R1 = 500 \text{ Ом}$  формується вихідний сигнал по напрузі від 2 В при  $p = 0$ , до 10 В при  $p = 16 \text{ МПа}$ .

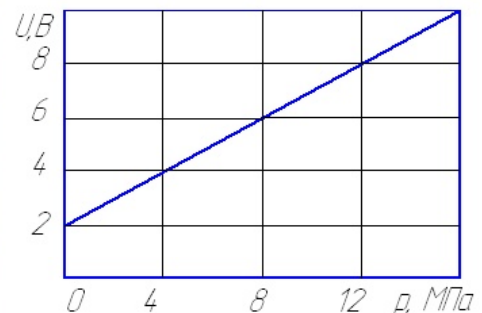


Рисунок 6 — Датчик тиску *Danfoss MBS 3050* та його тарувальний графік

За паспортними даними діапазон вимірювання тиску датчиком тиску *Danfoss MBS 3050* становить 0-160 бар. Припустима температура робочого середовища має бути у межах 40-80°C. Похибка вимірювання тиску не перевищує  $\pm 1\%$  діапазону вимірювань. Нелінійність характеристики датчика знаходиться у межах  $\pm 0,5\%$  від діапазону вимірювань. Термін реакції на зміну тиску не перевищує 4 мс.

Для прийому, обробки та передачі аналогово-цифрових сигналів експериментальний стенд оснащений аналогово-цифровим перетворювачем m-DAQ 12 (АЦП) з USB-інтерфейсом (рисунок 7).

Вимірювальний комплекс експериментального стенда включає персональний комп'ютер (ПК), який дозволяє накопичувати результати вимірювань та видавати їх у табличній або графічній формі.

До мікросистеми збору даних підключено п'ять датчиків тиску *Danfoss MBS 3050* і один тахогенератора ТГП-1А. Інформація, отримана від датчиків, перетворюється з аналогового вигляду в цифровий і за допомогою USB-інтерфейсу передається на ПК, де за допомогою драйвера АЦП зберігається у базі даних для подальшого аналізу та оформлення.

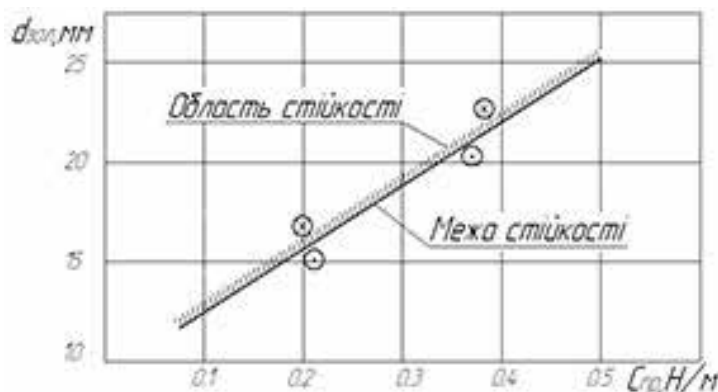


Рисунок 7 – Мікросистема збору даних m-DAQ 12

Принцип виміру зводиться до наступного: тиск робочої рідини на вході гідромотора за допомогою датчика тиску та частоти обертання вала гідромотора за допомогою тахогенератора перетворюються на аналогові електричні сигнали (струм, напруга). Кожний з сигналів підсилюється та масштабується, надходить на вхід мультіплексора, де кожному сигналу присвоюється персональний аналоговий ключ, згідно цього ключа сигнали по чергові зчитуються мікросистемою збирання даних m-DAQ 12. Результат перетворення записується у вбудований оперативний запам'ятовуючий пристрій обсягом 4-х однобайтних символів, що відповідає інформації про роботу системи у поточний момент часу. Кожному із вхідних каналів відповідає своя комірка пам'яті, оскільки після одного циклу роботи у пам'яті зберігається інформація з усіх восьми каналів. Кожного разу, коли закінчується перетворення у якомусь із каналів, оновлюється інформація в пам'яті, яка відповідає значенню сигналу наступного моменту часу, при цьому попередня інформація через паралельний інтерфейс передається на запам'ятовуючий пристрій через USB-інтерфейс. Так завдяки програмному забезпеченню отримана інформація масштабується, формується в масиви даних, суміщається за часом і підготовляється до виведення на екран персонального комп'ютера або принтер.

Стенд дозволяє проводити фізичне моделювання робочих процесів у системі гідралічних приводів блочно-порційного відокремлювача, а також візуально спостерігати та фіксувати отримані результати за допомогою осцилографування.

На рисунку 8 показано область стійкості роботи системи гідралічних приводів блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів отриману в результаті математичного моделювання даної системи. Також на рисунку 8 нанесені точки, отримані в результаті фізичного моделювання. При цьому хрестиком позначена точка, яка відповідає стійкому режиму роботи даної системи. Точка обведена кружком відповідає нестійкому



режиму роботи системи.

Рисунок 8 — Визначення стійкості роботи системи гідралічного привода блочно-порційного відокремлювача консервованих кормів в результаті математичного моделювання (---) і фізичного експеримента - відповідає стійкому режиму роботи, - відповідає нестійкому режиму роботи.

Показані на рисунку 8 області стійкості розраховані при наступних початкових значеннях параметрів системи гідроприводів блочно-порційного відокремлювача: об'ємна подача насоса  $Q_n = 2,38 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ , що відповідає об'ємній подачі шестеренного насоса типу НШ-10 при потужності привода насоса 5 кВт; ширина робочих кромek золотника дільника потоку  $a = 1 \text{ мм}$ ; величина початкового відкриття робочих вікон золотника дільника потоку  $l_1 = 6 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 2 \text{ мм}$ ; коефіцієнт витрати робочої рідини через дросельні отвори  $\mu = 0,62$ ; номінальний тиск в гідросистемі  $p_0 = 10,0 \text{ МПа}$ ; густина робочої рідини  $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ ; коефіцієнт податливості порожнин системи гідроприводів, заповнених робочою рідиною,  $K = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{Н}$ ; діаметр золотника дільника потоку  $d_{\text{зол}} = 25 \text{ мм}$ ; зведений до вала гідромотора момент інерції частин, що обертаються,  $I = 100 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; зведена до П-подібної рамки маса рухомих частин відокремлювача консервованого корму  $m_{\text{пр}} = 50 \text{ кг}$ ; коефіцієнт в'язкого тертя  $\beta = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{с}$ ; діаметр виконавчого гідроциліндра подачі П-подібної рамки,  $D_{\text{ц}} = 63 \text{ мм}$ ; об'єм гідроліній, які з'єднують виконавчі гідродвигуни із дільником потоку  $W_1 = W_2 = W_4 = 100 \text{ см}^3$ ; об'єм гідролінії, яка з'єднує дросель із підторцевою порожниною дільника потоку  $W_3 = 25 \text{ см}^3$ ; величина переміщення золотника дільника потоку вліво до упора,  $b_1 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ; величина переміщення золотника дільника потоку праворуч до упора,  $b_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ; жорсткість пружини, установленної у підторцевій порожнині золотника дільника потоку,  $C_{\text{пр}} = 0,5 \text{ Н/м}$ .

## Висновки

1. Проведені дослідження дослідного зразка системи гідралічних приводів блочно-порційного відокремлювача на експериментальному стенді підтвердили адекватність розробленої математичної моделі даного привода, що свідчить про можливість подальшого використання результатів цієї моделі при проведенні досліджень.



2. Розроблення адекватних нелінійних динамічних моделей гідромеханічних пристроїв з спільним використанням обчислювальної техніки при їх реалізації дозволяє значно розширити коло інженерних досліджень при проектуванні, а також сприяє суттєвому скороченню об'єму експериментальних робіт з доведенням пристроїв на випробувальному стенді, що в свою чергу призводить до зниження матеріальних витрат на розроблення нових.

3. Проведені дослідження дозволяють рекомендувати розроблений стенд для експериментального дослідження перехідних процесів у гідроприводі мобільних сільськогосподарських машин. Система збору та реєстрація даних може бути використана для дослідження гідросистем різного призначення.

### Література

1. Палке, Б. Ковш, грейфер, фреза, блокорезка... сравнительное тестирование семи различных машин для отбора силоса / Б. Палке, О. Штайнхофель // Новое сельское хозяйство. — 2006. — №5. — С. 120—128.

2. Таннебергер, Томас. Современная техника для крупных хозяйств / Томас Таннебергер // Новое сельское хозяйство. — 2002. — №1. — С. 42—47.

3. Иванов, М.І. Оптимізація конструктивних параметрів розподільника потоку для гідропривода блочно-порційного відокремлювача, чутливого до навантаження / М.І. Иванов, В.С. Руткевич // Промислова гідраліка і пневматика. — 2013. — №4 (42) С. 87—95.

4. Попов, Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Д.Н. Попов. — М.: Машиностроение, 1987. — 464 с.

5. Методические рекомендации по топливно-энергетической оценке сельскохозяйственной техники, технологических процессов и технологий в растениеводстве / [Токарев, В.А., Братушков, В.Н., Никифоров, А.Н. и др.]. — М.: ВИМ, 1989. — 59 с.

6. Декларативний патент України на корисну модель № 74199 U, МПК A01D 87/00 / Механізм для відрізання і вивантаження силосу та сінажу / М.І. Иванов, С.А. Шаргородський, І.М. Подолянин, В.С. Руткевич, А.І. Шарий; заявник та патентовласник Вінницький національний аграрний університет. — № u 2012 02754; заявл. 07.03.12; опубл. 25.10.2012, Бюл. №20.

7. Иванов, Н.И. Математическая модель гидропривода блочно-порционного отделителя консервированных кормов / Н.И. Иванов, С.А. Шаргородский, В.С. Руткевич // MOTROL — 2013. — Vol.15, No 5. — 83—91.

8. Коваленко, А.О. Основы научных исследований (планирования экспериментов) / А.О. Коваленко, А.С. Роговий, Д.О. Сьомин. — Луганськ: СХУ ім.В.Далі, 2011. — 216 с.

9. Навроцкий, К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов / К.Л. Навроцкий. — М.: Машиностроение, 1991. — 384 с.

### References

1. Palke, B. Kovsh, greyfer, freza, blokorezka... sravnytel'noye testyrovanye semi razlychnykh mashyn dlia otbora silosa / B. Palke, O. Shtaynkhofer // Novoye selskoye khozaystvo. — 2006. — №5. — S. 120—128.

2. Tanneberger, Tomas. Sovremennaya tekhnika dlia krupnykh khoziaistv / Tomas Tanneberger // Novoye selskoye khoziaistvo. — 2002. — №1. — S. 42—47.

3. Ivanov, M.I. Optymizatsiia konstruktivnykh parametriv rozpodilnyka potoku dlia hidropriyvoda blochno-portsiynogo vidokremliavacha, chutlyvogo do navantazhennia / M.I. Ivanov, V.S. Rutkevych // Promyslova gidravlika i pnevmatyka. — 2013. — №4 (42) S. 87—95.

4. Popov, D. N. Dynamika i regulirovaniye gidro- i pnevmosistem: / D. N. Popov. — M.: Mashinostroenie, 1987. — 464 s.

5. Metodicheskie rekomendatsii po toplivo-energeticheskoi otsenke selskokhoziaistvennoi tekhniki, tekhnologicheskikh protsessov i tekhnologii v rastenievodstve / [Tokarev, V.A., Bratushkov, V.N., Nikiforov, A.N. i dr.]. — M.: VIM, 1989. — 59 s.

6. Deklaratsiynyi patent Ukrainy na korysnu model № 74199 U, MPK A01D 87/00 / Mekhanizm dlia vidrizannia i vyvantazhennia sylosu ta sinazhu / Ivanov M.I., Sharhorodskiy S.A., Podolanyin I.M., Rutkevych V.S., Zinev M.V., Sharyi A.I.; zaiavnyk ta patentovlasnyk Vinnytskyi natsionalnyi agrarnyi universytet. — № u2012 02754; zaiavl. 07.03.12; opubl. 25.10.2012, Byul. № 20.

7. Ivanov, N.I. Matematicheskaya model gidroprivoda blochno-portsionogo otdelitelia konservirovannykh kormov / N. Ivanov, S. Sharhorodskiy, V. Rutkevych // MOTROL 2013. Vol.15. No 5. — 83—91.

8. Kovalenko A.O. Osnovy naukovykh doslidzhen (planuvannia eksperymentiv) / A.O. Kovalenko, A.S. Rohovyi, D.O. Somin. — Lyhansk: SNU im. V. Dalia, 2011. — 216 s.

9. Navrotskiy, K.L. Teoriya i prpoektirovaniye gidro- i pnevmoprivodov / K.L. Navrotskiy. — M.: Mashinostroenie, 1991. — 384 s.

Надійшла 23.12.2015 року

**Экспериментальный стенд  
для исследования системы гидравлических  
приводов блочно-порционного отделителя  
консервированного корма**

**М.И. Иванов,  
С.А. Шаргородский,  
В.С. Руткевич**

**Цель.** С целью проверки адекватности результатов математического моделирования работы системы гидравлических приводов блочно-порционного отделителя консервированного корма предложено экспериментальный стенд для исследования ее характеристик, а также для оценки соответствия расчетным данным.

**Методы исследования.** Определение статических и динамических характеристик системы гидроприводов блочно-порционного отделителя. Применение электромеханических и гидравлических средств нагрузки исполнительных гидродвигателей, компьютеризированной системы регистрации и обработки результатов экспериментов. Использование методов планирования эксперимента, физическое моделирование.

**Результаты исследования.** Предложена конструкция стенда, которая позволяет исследовать характеристики системы гидроприводов при изменениях в широком диапазоне параметров, и определяют внешние воздействия на указанную гидросистему. Показано достаточно близкое совпадение результатов математического и физического моделирования работы системы гидроприводов блочно-порционного отделителя консервированного корма.

**Выводы.** Подтверждена адекватность результатов математического моделирования и экспериментальных исследований, что позволяет рекомендовать расчетные зависимости для использования при разработке систем гидроприводов блочно-порционных отделителей консервированного корма.

**Ключевые слова:** блочно-порционный отделитель консервированного корма, система гидроприводов, экспериментальный стенд, результаты эксперимента.

**Experimental model for the study  
of hydraulic actuators block separator portion  
of canned feed**

**M. I. Ivanov,  
S.A. Shargorodskii,  
V.S. Rutkevych**

**Goal.** In order to test the adequacy of the results of mathematical modeling of the system hydraulic drive block-batch separator of canned feed presented the model for experimental studies of its characteristics and conformity assessment of calculated data.

**Research methods.** Determining the static and dynamic characteristics of the hydraulic system block-batch separator. Use of electromechanical and hydraulic tools loading executive hydraulic motors, the computerized system of registration and processing of experimental results. Use of experimental design of physical modeling.

**Research results.** A stand design allows exploring the characteristics of the hydraulic variables with a wide range of parameters and determining the external action listed in hydraulic system. Shown are sufficiently close matches results of mathematical and physical modeling of the system hydraulic block-batch separator of canned food.

**Conclusions.** It is confirmed that the adequacy of the results of mathematical modeling and experimental studies can be recommend the calculated dependence to use in the development of block-hydraulic separators portion of canned food.

**Keywords:** Block-batch separator of canned feed, hydraulic system, an experimental stand experiment.