



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI 10.37128/250-6168-2020-4

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК



**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2020. 4(111). 161 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 6 від 18.12.2020 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886);

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);
 - індексується в CrossRef, Google Scholar;
 - індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.
-

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Іванчук Я.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА

*Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Брацлавець Б.С., Ялина О.О.***ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБИВОСТЕЙ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПІДШИПНИКІВ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ.....** 5*Моторна О.О.***ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДА ТА МЕТОДИКИ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАСОСІВ-ДОЗАТОРІВ СИСТЕМ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ САМОХІДНИХ МАШИН ПРИ ДІЇ ПОПУТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....** 14*Muzychuk Vasyl***TECHNOLOGICAL PASSPORT STUDY PISTON AND CONNECTING ROD BARE MATERIAL AXIAL ROTARY PISTON PUMP.....** 22*Muzychuk Vasyl, Komaha Vitaliy, Tokarchuk Oleksii, Kukharchuk Oleksandr***RESEARCH OF RESIDUAL LIFETIME OF DIESEL ENGINES FUEL INJECTION EQUIPMENT BY MEANS OF FUEL INJECTION MATHEMATIC SIMULATION.....** 33*Островський А.Й.***УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ ТОНКОЛИСТОВОГО ПРОКАТУ.....** 48*Петрова Ж.О., Пазюк В.М., Петров А.І.***ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ГУМІНОВИХ РЕЧОВИН З ТОРФУ.....** 55*Potapova Nadiya, Zelinska Oksana, Volontyr Lyudmila***MATHEMATICAL AND STATISTICAL EVALUATION OF PROCESSES OF USING INFORMATION TECHNOLOGIES.....** 61*Полєвода Ю.А., Волинець Є.О.***АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ СУМІШЕЙ.....** 72*Sevostianov Ivan, Kraevsky Sergiy***INTENSIFICATION OF MIXING OF HETEROGENEOUS FOOD MIXTURES UNDER THE IMPACT OF ULTRASONIC VIBRATIONS.....** 80*Sevostianov Ivan, Pidlypna Maryna***MODEL OF OPTIMIZATION OF FUNCTIONING OF MODERN POLYGRAPHIC AND PUBLISHING COMPLEXES.....** 90*Стаднік М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С.***ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОСТІЙНОГО ГІСТЕРЕЗИСУ ЗОЛОТНИКОВИХ ЗАПОБІЖНИХ КЛАПАНІВ ПРЯМОЇ ДІЇ.....** 100*Trukhanska Olena***TECHNOLOGICAL METHODS OF INCREASING WEAR RESISTANCE AND DURABILITY OF DETAILS.....** 109

II. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Кордонський В.А.***ВІТРОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ ДЛЯ ПОТРЕБ МАЛИХ СІЛЬСЬКОГОПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ.....** 116



Купчук І.М., Токарчук О.А., Гонтар В.Г., Дідик А.М.

**АНАЛІЗ БАЛАНСУ ПОТУЖНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ПОДРІБНЕННЯ
РОСЛИННИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ..... 122**

Червінський Л.С., Книжка Т.С., Романенко О.І.

**МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ОПТИЧНОГО
СПЕКТРУ НА РІВНІ ЛИСТА РОСЛИНИ..... 129**

ІІІ. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

Анісімов В. Ф., Рябошапка В. Б., Єленіч А. П.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ СУМІШОУТВОРЕННЯ І
ПАЛИВОПОДАЧІ ТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ ДЛЯ РОБОТИ НА БІОПАЛИВІ..... 135**

Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В., Дідик І.О.

АНАЛІЗ СТАНУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ГАРБУЗА В УКРАЇНІ 148



УДК 620.162: 001.8

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-4-2

ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДА ТА МЕТОДИКИ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАСОСІВ-ДОЗАТОРІВ СИСТЕМ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ САМОХІДНИХ МАШИН ПРИ ДІЇ ПОПУТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Моторна Оксана Олексіївна, к.т.н., старший викладач
Вінницький національний аграрний університет

Motorna Oksana, PhD, senior teacher
Vinnytsia National Agrarian University

В статті розглядається спеціальний стенд для експериментальних досліджень насосів-дозаторів гідрооб'ємних систем рульового керування самохідних машин, який дозволяє проаналізувати якість функціонування насоса-дозатора в умовах, що відповідають різним керуючим діям та навантаженням, які виникають під час роботи системи рульового керування. Розроблено електрогідравлічну схему стенда для визначення характеристик насоса-дозатора при дії попутного навантаження. Наведено характеристику контрольно-вимірювальних пристроїв для визначення параметрів, що контролюються як в статичці, так і в динаміці. Для фіксації зміни сигналів в часі розроблена реєструюча система, яка реалізує запис сигналів на комп'ютері та їх обробку з використанням програми «PowerGraph».

Особливістю даного стенда є те, що навантаження для насоса-дозатора формується у вигляді перепаду тиску в його вихідних каналах, що дозволяє оцінювати працездатність цих виробів незалежно від їх робочого об'єму та спрощує експериментальне дослідження поведінки системи при відтворенні певних режимів її роботи протягом часу, який не обмежується ходом виконавчого гідроциліндра системи рульового керування.

На стенді реалізовано оригінальну методику відтворення попутного навантаження в вихідних каналах насоса-дозатора, для чого в вихідних каналах насоса-дозатора встановлено додатковий насос з приводом від гідромотора. Регулювання швидкості обертання приводного гідромотора дозволяє задавати потрібне значення попутного навантаження.

Коротко описано методику визначення показника якості роботи насоса-дозатора при дії попутного навантаження. При цьому визначається показник відносних витрат у вихідних каналах насоса-дозатора, який показує в скільки разів збільшується дійсна витрата робочої рідини в порівнянні з номінальною, що визначається для насоса-дозатора з певним робочим об'ємом швидкістю обертання вхідного вала.

Ключові слова: система рульового керування, насос-дозатор, випробувальний стенд, система створення навантаження, попутне навантаження, методика випробувань, дослідження характеристик.

Ф. 2. Літ. 10. Рис.3.

1. Постановка проблеми

На сьогоднішній день гідрооб'ємні системи рульового керування використовуються на різноманітних самохідних спеціальних машинах як вітчизняного, так і закордонного виробництва [1], що пов'язано з низкою переваг таких систем. У Вінницькому національному аграрному університеті на кафедрі машин та обладнання сільськогосподарського виробництва ведуться роботи по вдосконаленню конструкції та дослідженню насосів-дозаторів, які є основним вузлом таких гідрооб'ємних систем рульового керування [2, 3].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Експериментальні дослідження мають за мету перевірку параметрів технічних об'єктів [4, 5], а особливо таких наукоємних, як гідрооб'ємні системи рульового керування самохідної машини.

В лабораторії кафедри "Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва" ВНАУ було створено спеціальний експериментальний стенд для дослідження насосів-дозаторів гідрооб'ємних систем рульового керування, який дозволяє детально проаналізувати роботу насоса-дозатора на різних режимах роботи системи.



В роботі [6] було розглянуто схему цього стенда та методику проведення досліджень при дії зустрічного навантаження. В даній роботі розглядаються особливості цього стенда та методики для експериментальних досліджень насосів-дозаторів при дії попутного навантаження. Це особливо важливо в системах гідрооб'ємного рульового керування, коли під час дії попутного навантаження певної величини зникає пропорційність між кутом повороту керма та керуемого колеса машини, а при значному попутному навантаженні самохідна машина стає некерованою [7]. Крім того, що це ускладнює керування машиною, це може призвести до виникнення аварійної ситуації на дорозі.

3. Виклад основного матеріалу

Стенд для експериментальних випробувань насоса-дозатора має бути оснащений наступними системами.

- Система живлення насоса-дозатора робочою рідиною.
- Система формування керуючої дії у вигляді повороту вхідного вала насоса-дозатора.
- Система формування навантаження.
- Система реєстрації параметрів та обробки інформації

На більшості стендів такого призначення [8, 9] навантаження створюється у вигляді зусилля, що діє на шток виконавчого гідроциліндра системи рульового керування. Для цього використовується додатковий гідроциліндр, який механічно з'єднується з виконавчим гідроциліндром системи рульового керування. При цьому, на таких стендах під час випробувань насосів-дозаторів з різними робочими об'ємами потрібно використовувати гідроциліндри з різними діаметрами поршня для узгодження їх переміщення та зусилля, що вони створюють. Це ускладнює налаштування випробувань і потребує додаткового часу. Крім того, це спрощує аналіз та дослідження поведінки насосів-дозаторів за рахунок відтворення певного режиму роботи тривалий час, який не обмежується ходом виконавчого гідроциліндра системи рульового керування.

Як відмічалось раніше [6, 10], нами запропоновано під час випробувань насосів-дозаторів створювати навантаження у вигляді перепаду тиску Δp в його вихідних каналах без використання гідроциліндрів взагалі, що спрощує конструкцію стенда та зменшує тривалість випробувань.

Електрогідрравлічну схему стенда з урахуванням прийнятої методики формування навантаження для визначення характеристик насоса-дозатора при дії попутного навантаження показано на рисунку 1. Стенд містить насос-дозатор НД, що випробовується, систему формування сигналу управління та систему формування навантаження, що впливають на насос-дозатор, який випробовується. Стенд містить насосну станцію НС для живлення всіх систем стенда, а також систему реєстрації параметрів та обробки інформації.

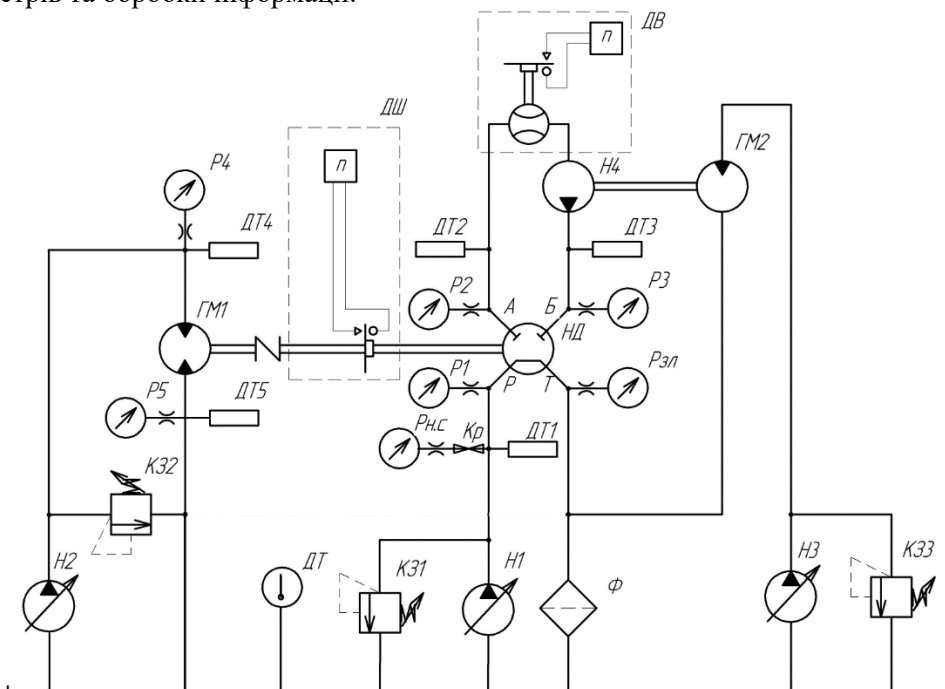


Рис. 1. Схема стенда для експериментальних досліджень насосів-дозаторів при формуванні попутного навантаження в системі рульового керування



Системи живлення насоса-дозатора робочою рідиною та формування керуючої дії у вигляді повороту вхідного валу насоса-дозатора аналогічні, як і на стенді для експериментальних досліджень насосів-дозаторів при формуванні зустрічного навантаження [6].

Стенд містить насос-дозатор НД, що випробовується, який підключається до насоса Н1, чим відтворюється робота насоса-дозатора з системою живлення на самохідній машині. Система формування керуючої дії задає обертальний рух вхідному валу насоса-дозатора, що імітує поворот керма на самохідній машині. Система виконана з гідравлічним приводом і для її живлення на насосній станції встановлено насос Н2.

Система формування попутного (активного) навантаження відтворює роботу виконавчого гідроциліндра, який при цьому працює в режимі насоса. Ця система містить насос Н4, всмоктуючий канал якого з'єднано з вихідним каналом насоса-дозатора, в який робоча рідина подається в виконавчий гідроциліндр від дозуючого вузла насоса-дозатора, а напірний канал цього насоса – з вихідним каналом насоса-дозатора, в який робоча рідина відводиться з гідроциліндра.

При обертанні вала насоса Н4 в його вихідному каналі створюється тиск, що моделює попутне навантаження в виконавчому гідроциліндрі. Обертання вала насоса Н4 задається від гідромотора ГМ2, вали яких з'єднано жорсткою муфтою. В якості насоса Н4 та гідромотора ГМ2 використовуються геролерні гідромашини МГП 80, які мають високий об'ємний ККД.

Величина тиску на виході насоса Н4 регулюється швидкістю обертання його валу – чим більша швидкість, тим більший об'єм рідини потрібно продавити через вихідну кромку розподільного вузла насоса-дозатора, і тим більший тиск попутного навантаження створюється в системі.

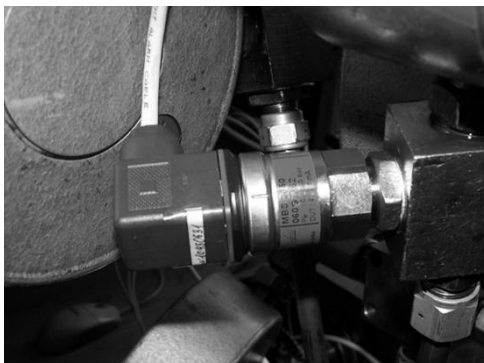
Гідромотор ГМ2 живиться від насоса Н3 насосної станції. Насос Н3 марки РНАС-32/320 регульованої продуктивності дозволяє зміною подачі регулювати швидкість обертання вала гідромотора ГМ2 і, відповідно, вала насоса Н4, чим дозволяє налаштувати попутне навантаження у вигляді тиску на виході насоса Н4 потрібної величини.

При певній швидкості обертання вхідного вала насоса-дозатора в його вихідних каналах створювався номінальний потік робочої рідини, який визначається швидкістю обертання вхідного вала насоса-дозатора та робочим об'ємом його дозуючого вузла. Коли при дії попутного навантаження через вихідну кромку розподільного вузла витікає рідини з циліндра більше, ніж в нього втікає, для балансу потоків частина рідини підсмоктується через відповідний противакуумний клапан, який вбудовано в насос-дозатор.

Стенд оснащено контрольно-вимірювальною апаратурою [6], яка дозволяє реєструвати параметри системи як в сталому стані, так і в динаміці.

Для візуального вимірювання тисків $P_1...P_5$ та $P_{зл}$ в сталому режимі на стенді встановлені манометри типу ДМ, клас точності 0,6. На різних ділянках гідросистеми використовуються манометри з різним діапазоном вимірювання.

Для контролю тиску під час аналізу динамічних процесів на стенді встановлені тензометричні датчики тиску з вбудованими підсилювачами, які дозволяють реєструвати зміни тиску в часі на відповідних ділянках гідросистеми. Датчик ДТ1, ДТ2 та ДТ3 моделі MBS 3050 фірми Danfoss (Данія), фотографію якого показано (рис. 2, а), мають номінальний тиск $p_{ном} = 16$ МПа, а датчики тиску ДТ4 та ДТ5 моделі ADZ-SML-20 фірми ADZ NAGANO (Німеччина, Японія), фотографію якого показано на (рис. 2, б), мають номінальний тиск $p_{ном} = 10$ МПа.

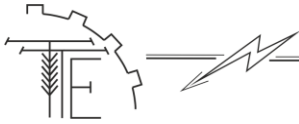


а)



б)

Рис. 2. Датчики тиску(а) моделі MBS 3050 (Danfoss, Данія)
та (б) моделі ADZ-SML-20 (ADZ NAGANO, Німеччина, Японія)



Стенд оснащено датчиком швидкості ДШ для вимірювання швидкості обертання приводного вала насоса-дозатора. Використано датчик швидкості частотно-імпульсного типу, який містить диск з прорізами, який встановлено на вхідному валу насоса-дозатора, фотодатчик ФД, що формує електричні імпульси, і дозволяє реєструвати або частоту проходження електричних імпульсів, що відповідає швидкості обертання вала, або їхню кількість, що відповідає куту повороту вала. Для вимірювання частоти електричних імпульсів або їх кількості в статистиці підключається низькочастотний частотомір марки ЧЗ-49.

На стенді використовується датчик витрати ДВ, який дозволяє контролювати витрати робочої рідини на різних ділянках гідросистеми для її налаштування, але в основному для вимірювання витрати робочої рідини в вихідних каналах насоса-дозатора. В якості перетворювача витрати в обертальний рух у датчика витрати використовується аксіально-поршнева гідромашина марки 210.16.11.00 з робочим об'ємом $28,1 \text{ см}^3$, а швидкість обертання вала гідромашини, яка і визначає величину витрат, вимірюється датчиком швидкості, який виконано також частотно-імпульсного типу.

Для реєстрації динамічних сигналів використовується комп'ютеризована система реєстрації та обробки результатів вимірювання параметрів [6], що досліджуються, з використанням персонального комп'ютера, аналого-цифрового перетворювача та програми обробки результатів вимірювання.

На комп'ютері для прийому, запису, збереження та обробки інформації використовувалась програмне забезпечення «PowerGraph», яке забезпечує індивідуальне налаштування і калібрування каналів та дозволяє використання будь-яких одиниць виміру сигналів.

Налагодження випробувань та контрольовано-вимірювальної апаратури, яка входить до складу стенда при створенні попутного навантаження, відбувається наступним чином.

1. Налагоджуються витрати насоса Н1 відповідно до номінальної витрати насоса-дозатора певного типорозміру, що випробовується. Контроль величини витрати визначається датчиком витрати, який на час налагодження величини витрати насоса підключався до вихідного каналу цього насоса. При цьому витрати з вихідного каналу датчика витрати відводяться безпосередньо в зливний канал.

2. Налагоджуються витрати насоса Н2 з умови забезпечення потрібної швидкості вала гідромотора ГМ2 та, відповідно, швидкості обертання вхідного вала n_e насоса-дозатора. При цьому частота обертання вхідного вала контролюється за допомогою датчика швидкості ДШ.

3. Налагоджуються витрати насоса Н3 з умови забезпечення швидкості обертання гідромотором ГМ2 вала насоса Н4, при якій досягається потрібне значення попутного навантаження. При цьому, відповідно до схеми на рис. 2, тиск в каналі Б насоса-дозатора більше за тиск в каналі А і по показанням манометрів Р2 та Р3 фіксується попутне навантаження $\Delta p_n = p_A - p_B$.

4. Експериментальне визначення об'єму робочої рідини q_d , який подається в вихідний канал насоса-дозатора за один оберт вхідного вала, виконується наступним чином. За допомогою датчика витрат ДВ вимірюються витрати робочої рідини, що протікають у вихідних каналах насоса-дозатора на заданих режимах. Під час вимірювання визначається частота $n_{d,e}$ обертання вала датчика витрати. Об'єм робочої рідини, що проходить через вихідні канали насоса-дозатора за один оберт вхідного вала, визначається із співвідношення

$$q_d = \frac{Q_{d,e}}{n_e} = \frac{n_{d,e} \cdot q_{d,e}}{n_e}, \quad (1)$$

де $Q_{d,e}$ – витрати, що визначені датчиком витрати;

$n_{d,e}, n_e$ – частота обертання, відповідно, вала датчика витрати та вхідного вала насоса-дозатора, об/хв;

$q_{d,e}$ – робочий об'єм датчика витрати.

Для оцінки якості роботи насоса-дозатора при попутному навантаженні нами використовується показник відносних витрат, який визначається із співвідношення

$$Q_{ц,від} = q_d / q_{н,ек}, \quad (2)$$

де $Q_{ц,від}$ – відносні витрати, що пов'язані з переміщенням поршня виконавчого гідроциліндра, які і є показником якості роботи системи гідрооб'ємного рульового керування [10];

q_d – дійсний об'єм робочої рідини, який проходить через вихідні канали насоса-дозатора за один оберт вхідного вала;

$q_{н,ек}$ – експериментально визначений робочий об'єм дозуючого вузла без навантаження.

Під час дослідження динамічних характеристик насоса-дозатора реєструються перехідні процеси на різних режимах його роботи. На рисунку 3 показано осцилограму, яка зареєстрована при швидкості обертання вхідного вала 80 об/хв та попутному навантаженні в вихідних каналах насоса-



дозатора $\Delta p_n = -10$ МПа.

На осцилограмі відображено зміни тисків P_1 , P_2 , P_3 , P_4 та P_5 на відповідних ділянках гідрооб'ємної системи рульового керування. По вертикальній осі на осцилограмі позначено напругу в Вольтах, але датчики тиску різних типів мають різну чутливість та різну нульову точку згідно тарувальних графіків. Для зручності з лівої сторони на осцилограмі нанесені шкали відповідності записаних сигналів величинам тиску.

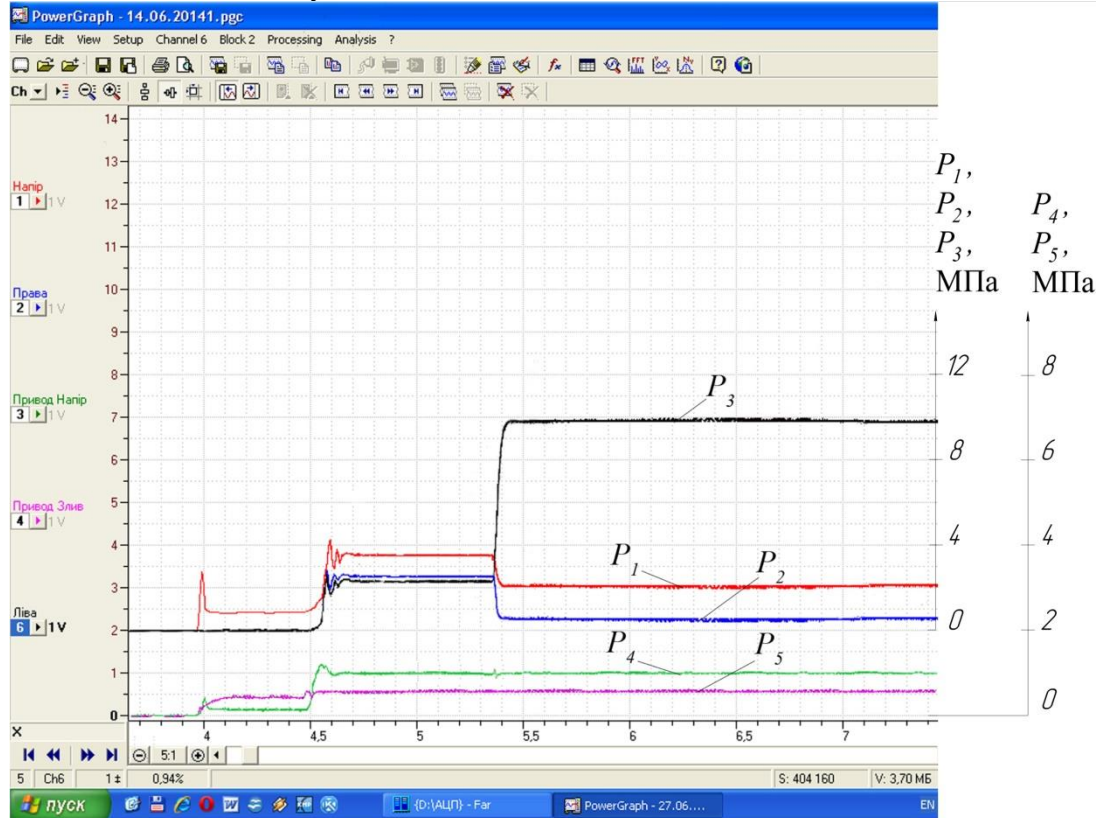


Рис. 3. Осцилограма роботи системи рульового керування при швидкості обертання вхідного вала $n_e=80$ об/хв та дії попутного навантаження $\Delta p_n = -10$ МПа

4. Висновки

Запропоновано спеціальний стенд для експериментальних досліджень насосів-дозаторів гідрооб'ємних систем рульового керування самохідних машин, який дозволяє визначити параметри роботи насоса-дозатора в умовах, що відповідають різним режимам роботи системи рульового керування, в тому числі розглянутим в цій статті при дії попутного навантаження. Наведено електрогидравлічну схему стенда, в якій реалізовано систему формування сигналу керування у вигляді повороту вхідного вала насоса-дозатора, систему формування попутного навантаження та систему вимірювання та реєстрації параметрів.

Реалізовано оригінальну методику формування попутного навантаження для насоса-дозатора у вигляді перепаду тиску в його вихідних каналах незалежно від його типорозміру. Це дозволяє уніфікувати оцінку працездатності цих виробів незалежно від їх робочого об'єму і, крім того, спрощує аналіз та дослідження поведінки системи за рахунок відтворення певного режиму роботи тривалий час, який не обмежується ходом виконавчого гідроциліндра системи рульового керування. Наведено коротку характеристику контрольно-вимірювального обладнання для реєстрації контролюємих параметрів як в статичі, так і в динаміці.

Список використаних джерел

1. Погорілець О.М., Волянський М.С. та ін. Гідропривід сільськогосподарської техніки: навч. вид. Київ: Вища освіта, 2004. 368 с.
2. Гідравлічний рульовий механізм транспортного засобу: пат. 86521 Україна: МПК В62D 5/00. № у 201301264; заявл. 04.02.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. 7с.



3. Моторна О.О., Іванов М.І., Козак Ю.М., Переяславський О.М. Вибір параметрів насоса-дозатора для системи гідрооб'ємного рульового керування самохідних машин на основі багатокритеріальної оптимізації. *Промислова гідраліка і пневматика*. 2016. №1(51). С. 65–76.
4. Погорельий Л.В., Анилович В.Я. Испытания сельскохозяйственной техники: научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин. Киев: Феникс, 2004. 208 с.
5. Армашов Ю.В. Випробування сільськогосподарської техніки на надійність: навч. посіб. Дніпропетровськ: Охмат П.К., 2002. 219 с.
6. Іванов М.І., Моторна О.О., Козак Ю.М., Переяславський О.М. Стенд та методика експериментальних досліджень насосів-дозаторів систем гідрооб'ємного рульового керування самохідних машин при дії зустрічного навантаження. *Промислова гідраліка і пневматика*. 2016. №3(53). С. 66–74.
7. Іванов М.І., Шаргородський С.А. Вплив попутного навантаження на роботу системи гідрооб'ємного рульового керування мобільних машин. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. Вінниця, 2002. Вип. 11. С. 204–210.
8. Обидин В.Я., Смоляков А.И., Иванов А.В. Стенд для исследования гидрорудей мобильных машин. *Строительные и дорожные машины*. 1988. №9. С. 25–26.
9. А. с. 1280376 СССР, МКИ G 01 M 17/06. Стенд для испытаний рулевых механизмов транспортных средств/ Л.П. Колосов, Д.С. Потапов, А.Н. Переяславский, В.М. Ярешко. № 3937388/31-11; заявл. 06.08.85; опубл. 30.12.86, Бюл. № 48. 8с.
10. Моторна, О.О. Вибір показників якості для всебічної оцінки функціонування гідрооб'ємної системи рульового керування самохідних сільськогосподарських. *Промислова гідраліка і пневматика*. 2015. №2(48). С. 71–75.

References

- [1] Pohorilets, O.M., & Volianskyi, M.S. (Ed.). (2004). *Hidropryvid silskohospodarskoi tekhniky* [Hydraulic drive of agricultural machinery]. Kyiv: Vysha osvita [in Ukrainian].
- [2] Hidravlichnyi rulovyi mekhanizm transportnoho zasobu [Hydraulic steering mechanism of the vehicle]: pat. 86521 Ukraina, MPK (3012.01) B62D 5/00. № u 2013 01264; zaiavl. 04.02.2013; opubl. 10.01.2014, Biul. № 1.
- [3] Motorna, O.O., Ivanov, M.I., Kozak, Yu.M., Pereiaslavskyi, O.M. (2016). Vybir parametriv nasosadozatora dlia systemy hidroobiemnogo rulovoho keruvannia samokhidnykh mashyn na osnovi bahatokriterialnoi optymizatsii [Selection of dosing pump parameters for the system of hydrovolume steering of self-propelled machines on the basis of multicriteria optimization]. *Promyslova hidravlika I pnevmatyka - Industrial hydraulics and pneumatics*, 1, 65–76 [in Ukrainian].
- [4] Pogorelyi, L.V., & Anilovich, V.Ya. (2004). Ispytaniia selskokhoziaistvennoi tekhniki: nauchno-metodologicheskie osnovy otsenki i prognozirovaniia nadezhnosti selskokhoziaistvennykh mashin [Tests of agricultural machinery: scientific and methodological bases for assessing and forecasting the reliability of agricultural machines]. Kyiv: Feniks [in Russian].
- [5] Armashov, Yu.V. (2002). Vyprovuvannia salckohospodarskoi tekhniki na nadiinist [Testing of agricultural machinery for reliability]. Dnipropetrovsk: Okhmat P.K. [in Ukrainian].
- [6] Ivanov, M.I., Motorna, O.O., Kozak, Yu.M., Pereiaslavskyi, O.M. (2016) Stend ta metodyka eksperymentalnykh doslidzhen nasosiv-dozatoriv system hidroobiemnogo rulovoho keruvannia samokhidnykh mashyn pry dii zustrichnoho navantazhennia [The stand and a technique of experimental researches of dosing pumps of systems of hydrovolume steering of self-propelled cars at action of counter loading] *Promyslova hidravlika I pnevmatyka - Industrial hydraulics and pneumatics*, 3, 66–74 [in Ukrainian].
- [7] Ivanov, M.I., Sharhorodskyi, S.A. (2002) Vplyv poputnoho navantazhennia na robotu systemy hidroobiemnogo rulovoho keruvannia mobilnykh mashyn [Influence of the associated load on the operation of the hydrovolume steering systems of mobile machines]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu - Collection of scientific works of Vinnytsia State Agrarian University*, 11, 204–210 [in Ukrainian].
- [8] Obidin, V.Ya., Smoliakov, A.I., Ivanov, A.V. (1988) Stend dlia issledovaniia gidrorulei mobilnykh mashin [Stand for research of hydraulic steering wheels of mobile machines] *Stroitelnye I dorozhnye mashiny - Construction and road machines*, 9, 26–26 [in Russian]



- [9] A.s. 1280376 SSSR, MKI G 01 M 17/06. Stend dlia ispytanni rulevykh mekhanizmov transportnykh sredstv [Test bench for steering mechanisms of vehicles] № 3937388/31-11; zaiavl. 06.08.85; opubl. 30.12.86, Biul. № 48.
- [10] Motorna, O.O. (2015). Vybir pokaznykiv yakosti dlia vsebichnoi otsinky funktsionuvannia hidroobiemni systemy rulovoho keruvannia samokhidnykh silskohospodarskykh mashyn [Selection of quality indicators for a comprehensive assessment of the operation of the hydrovolume steering system of self-propelled agricultural machines] Promyslova hidravlika I pnevmatyka - Industrial hydraulics and pneumatics, 2, 71–75 [in Ukrainian].

ОСОБЕННОСТИ СТЕНДА И МЕТОДИКИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАСОСОВ-ДОЗАТОРОВ СИСТЕМ ГИДРООБЪЕМНОГО РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОХОДНЫХ МАШИН ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОПУТНОЙ НАГРУЗКИ

В статье рассматривается специальный стенд для экспериментальных исследований насосов-дозаторов гидрообъемных систем рулевого управления самоходных машин, который дает возможность проанализировать качество работы насоса-дозатора в условиях, которые соответствуют разным управляющим действиям и нагрузкам, которые возникают во время работы системы рулевого управления. Разработана электрогидравлическая схема стенда для определения характеристик насоса-дозатора при действии попутной нагрузки. Представлена характеристика контрольно-измерительных приборов для определения параметров, которые контролируются как в статике, так и в динамике. Для фиксации изменения сигналов во времени разработана регистрирующая система, которая реализует запись сигналов на компьютере и их обработку с использованием программы «PowerGraph».

Особенностью данного стенда является то, что нагрузка для насоса-дозатора формируется в виде перепада давления в его выходных каналах. Это дает возможность оценивать работоспособность этих изделий независимо от их рабочего объема и облегчает экспериментальное исследование поведения системы при воспроизведении определенных режимов ее работы на протяжении времени, которое не ограничивается ходом исполнительного гидроцилиндра системы рулевого управления.

На стенде реализована оригинальная методика воспроизведения попутной нагрузки в выходящих каналах насоса-дозатора, для чего в выходящих каналах насоса-дозатора установлен дополнительный насос с приводом от гидромотора. Регулирование скорости вращения приводного гидромотора дает возможность задавать необходимое значение попутной нагрузки.

Коротко описана методика определения показателя качества работы насоса-дозатора при действии попутной нагрузки. При этом определяется показатель относительных расходов в выходящих каналах насоса-дозатора, который показывает во сколько раз увеличивается действительный расход рабочей жидкости в сравнении с номинальным, который определяется для насоса-дозатора с определенным рабочим объемом скоростью вращения входного вала.

Ключевые слова: *система рулевого управления, насос-дозатор, испытательный стенд, система создания нагрузки, попутная нагрузка, методика исследований, исследование характеристик.*

Ф. 2. Лит. 10. Рис. 3.

FEATURES OF THE STAND AND METHODS FOR EXPERIMENTAL STUDIES OF PUMP-DOSING PUMPS OF HYDRAULIC STEERING SYSTEMS OF SELF-PROPELLED VEHICLES UNDER THE ASSOCIATED LOAD

The article discusses a special stand for experimental research of dosing pumps of hydrostatic steering systems of self-propelled machines, which makes it possible to analyze the quality of the dosing pump under conditions that correspond to different control actions and loads that arise during the operation of the steering system. An electro-hydraulic scheme of the stand has been developed to determine the characteristics of a dosing pump under the action of a associated load. The characteristics of control and measuring devices for determining parameters that are controlled both in statics and in dynamics are presented. To record changes in signals over time, a recording system has been developed that realizes the recording of signals on a computer and their processing using the «PowerGraph» program.

A feature of this stand is that the load for the dosing pump is formed in the form of a pressure drop in its outlet channels. This makes it possible to evaluate the performance of these products regardless of their



working volume and facilitates the experimental study of the behavior of the system when reproducing certain modes of its operation over a period of time that is not limited to the stroke of the executive hydraulic cylinder of the steering system.

The stand implements an original technique for reproducing the associated load in the outgoing channels of the dosing pump, for which an additional pump driven by a hydraulic motor is installed in the outgoing channels of the metering pump. Regulation of the speed of rotation of the drive motor makes it possible to set the required value of the associated load.

The method for determining the quality indicator of the dosing pump operation under the action of a associated load is briefly described. In this case, the indicator of relative flow rates in the outgoing channels of the metering pump is determined, which shows how many times the actual flow rate of the working fluid increases in comparison with the nominal one, which is determined for the dosing pump with a certain working volume by the speed of rotation of the input shaft.

Key words: steering system, dosing pump, test bench, load generating system, associated load, research methodology, study of characteristics.

F. 2. Ref. 10. Fig. 3.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мторна Оксана Олексіївна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: motorna@vsau.vin.ua).

Моторная Оксана Алексеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Машини и оборудование сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: motorna@vsau.vin.ua).

Motorna Oksana – PhD, senior teacher of the Department of “Agricultural machinery and equipment” of the Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: motorna@vsau.vin.ua).