

УДК 631.372

**В.В. Яременко, інж.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

## Діагностування гідравлічних приводів комбайнів на динамічних перехідних режимах їх функціонування – шлях до створення електронних діагностичних засобів

Проаналізовано функціонування гідроприводів на динамічних перехідних режимах, які обумовлені зміною технологічних режимів системи керування гідроагрегатів. Сформовано напрямок діагностування гідроприводів за характеристиками зміни тиску робочої рідини в порожнинах гідроагрегатів у разі зупинення або зміни напрямку переміщення рухомих частин і швидкості потоку робочої рідини, як наслідок переходу кінетичної енергії руху частин механізмів та потоку робочої рідини в потенціальну енергію пружного деформування деталей.

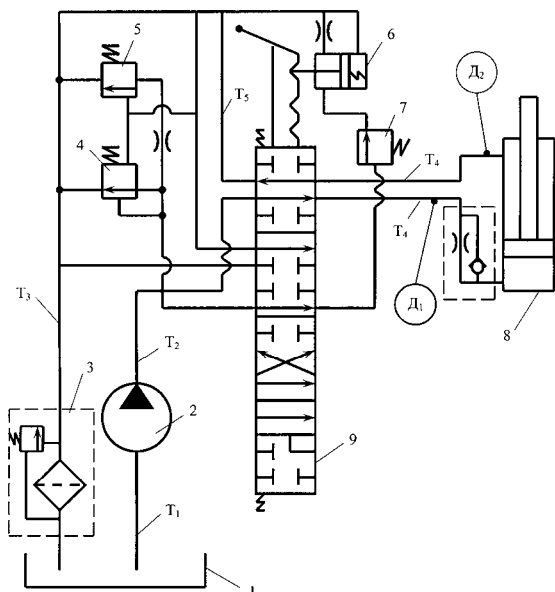
**гідропривод, технічне діагностування стану гідроприводу, зміна тиску робочої рідини**

**Проблема.** Підтримання належної технічної готовності сільськогосподарської техніки в процесі виконання сільськогосподарських робіт обумовлює підвищення якості виробленої продукції та зменшення втрат. Одним з аспектів підвищення технічної готовності техніки є своєчасне попередження та усунення несправностей [1]. Сучасні трактори та комбайни як вітчизняного, так і зарубіжного виготовлення мають досить високий рівень гідрофікації механізмів, що потребує відповідного рівня техсервісу. Проте, незважаючи на досить широке застосування бортових електронних засобів [2], технічному діагностуванню гідроприводів за допомогою цих засобів надається мало уваги, хоч майже 25% несправностей, від загальної кількості по тракторах і комбайнах, припадає на гідроприводи. Перспективність розвитку технічного діагностування техніки на базі бортових електронних засобів акцентується у праці [3], в якій звертається увага на потребу виконання значних досліджень у напрямку обґрунтування нових, адаптованих до цих засобів, діагностичних параметрів і способів їх вимірювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Грунтовний аналіз перспективних методів діагностування гідроприводів авіаційної та ракетної техніки на базі бортових автоматизованих засобів наведено у праці [4], в якій наголошується на можливості їх застосування для іншої техніки. Можливість діагностування гідропривода коробки передач трактора на перехідних процесах розглянуто в праці [5], використовуючи в якості діагностичних параметрів час перехідного процесу (за параметрами зміни тиску робочої рідини в порожнинах гідроагрегатів) від початку виключення однієї гідромуфти до закінчення включення другої та тривалість перекриття передач. Розглянуті у цих працях методи діагностування потребують подальших досліджень щодо їх реалізації на конкретних об'єктах, а для значної частини гідроприводів сільськогосподарської техніки потрібно проводити глибокі дослідження для пошуку нових рішень.

**Мета дослідження.** Обґрунтувати діагностичні параметри визначення технічного стану гідропривода на перехідних режимах їх функціонування, які забезпечують значне зменшення трудомісткості діагностування і є основою для створення електронних діагностичних засобів.

**Результати досліджень.** Для гідроприводів комбайнів характерним є їх функціонування на несталих динамічних перехідних режимах, які супроводжуються зміною швидкості та напрямку переміщення рухомих частин гідрофікованих механізмів і потоку робочої рідини, внаслідок чого змінюється тиск робочої рідини. Більшість гідроприводів механізмів машин можна представити за схемою, наведеною на рис. 1.



- 1 – бак; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – перепускний клапан розподільника; 5 – запобіжний клапан розподільника; 6 – пристрій фіксації золотника в робочих позиціях; 7 – бустерний клапан; 8 – гідроциліндр; 9 – золотник розподільника; Д<sub>1</sub> – датчик тиску на вході в гідроциліндр; Д<sub>2</sub> – датчик тиску на виході з гідроциліндра

Рисунок 1 – Принципова схема гідропривода та місця під'єднання датчиків фіксації діагностичних сигналів на перехідних процесах функціонування

В разі швидкого зупинення рухомих частин механізмів гідрофікованих агрегатів та потоку робочої рідини, кінетична енергія переміщення рухомих частин і робочої рідини трансформується в потенційну енергію пружної деформації робочої рідини і деталей гідропривода, що призводить до різкого збільшення тиску робочої рідини, тобто відбувається гідравлічний удар. Максимальне значення та приріст тиску робочої рідини в режимі гідравлічного удару знаходяться в разі рішення системи диференціальних рівнянь [6, 8]:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{dP}{dx} &= \rho \left( \frac{d\omega}{dt} + 2a\omega \right), \\ -\frac{dP}{dt} &= c^2 \cdot \rho \frac{d\omega}{dx} = K \frac{d\omega}{dx}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $P$  – середнє значення тиску робочої рідини в трубопроводі (гідроагрегаті), МПа;

$\omega$  – середнє значення швидкості потоку робочої рідини, м/с;

$t$  – час, с;  $C$  – швидкість розповсюдження звуку в рідині, що тече в трубопроводі, м/с;

$\rho$  – щільність робочої рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$a$  – коефіцієнт, який залежить від форми перерізу та товщини трубопроводу;

$K$  – приведений модуль об'ємного стискання трубопроводу, кг/см<sup>2</sup>;

$v$  – швидкість робочої рідини в конкретному перерізі трубопроводу.

Приріст тиску робочої рідини в гідроприводі на перехідних динамічних режимах визначається за формулою, яка отримана в результаті розв'язку системи рівнянь (2) [7,8]:

$$\Delta P = 2 \cdot a \cdot \rho \cdot l \cdot \omega_0 + \frac{4}{\pi} \cdot c \cdot \omega_0 \cdot e^{-at} \cdot \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\sin(\xi_s - 2\theta_s)}{(2S - 1) \cos \theta_s}, \quad (2)$$

де  $\Delta P$  – приріст тиску робочої рідини, МПа;

$l$  – довжина трубопроводів та гідроциліндрів в лінії подачі робочої рідини, м;

$\omega_0$  – швидкість перетікання робочої рідини в порожнині гідроциліндра до моменту зупинки поршня, м/с;

$\theta_s, \xi_s$  – коефіцієнти, які розраховують згідно характеристик робочої рідини та трубопроводів.

Наведені залежності (2, 3) було використано для обґрунтування діагностичних параметрів оцінки технічного стану гідропривода комбайна, але цього не достатньо для комплексного діагностування його гідропривода. Тому нами запропоновано використання в якості діагностичних інші параметри, характеристик зміни тиску робочої рідини на перехідних режимах функціонування гідроприводів згідно отриманих осцилограм, представлених на рис. 2 і на яких зображені перепади тиску ( $\Delta P$ ).

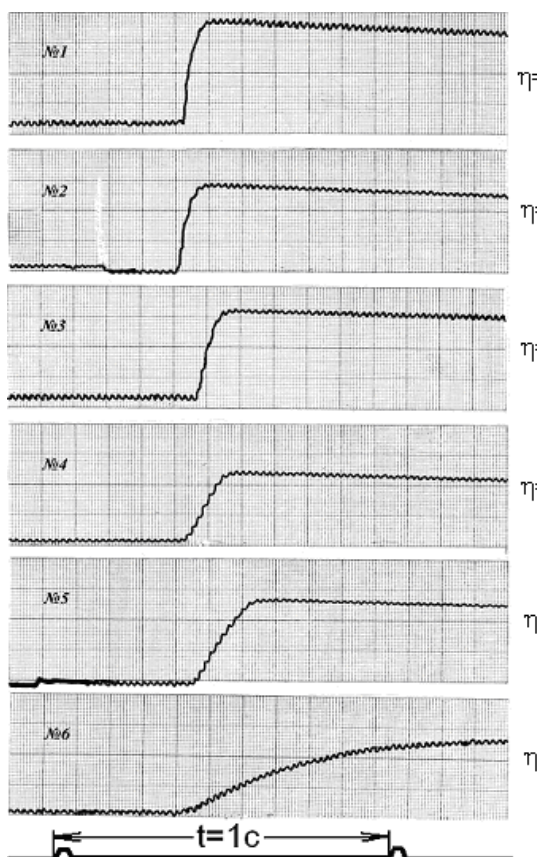


Рисунок 2 – Осцилограми характеристик зміни тиску робочої рідини в безштоковій порожнині гідроциліндра рульового керування комбайна в разі зміни загального об'ємного коефіцієнта корисної дії гідропривода:  $\eta$  – об'ємний К.К.Д.

Проаналізувавши характеристики зміни тиску робочої рідини в порожнинах гідроагрегатів на перехідних режимах їх функціонування (рис. 2), а також результати оброблення осцилограм можна стверджувати наступне: параметри характеристики зміни тиску робочої рідини можна застосовувати в якості діагностичних для оцінки

загального технічного стану гідропривода, а також окремих спряжень деталей гідроагрегатів; для оцінки загального технічного стану гідропривода доцільним є застосування параметрів стосовно максимального значення та збільшення тиску робочої рідини, а також тривалості збільшення тиску робочої рідини; оцінку спряжень деталей стосовно їх герметичності можна давати за тривалістю зменшення тиску робочої рідини; аналогічну оцінку можна давати застосовуючи похідні від цих параметрів (інтенсивність збільшення та зменшення тиску, кути нахилу відповідних характеристик до осі, що обумовлює початок відліку).

Оцінку технічного стану гідропривода в цілому та його роботоздатність можна дати на підставі вимірювання та аналізу параметрів характеристики зміни тиску робочої рідини в гідропроводах (порожнинах гідроагрегатів) на перехідних режимах їх функціонування. Встановлено, що зміна об'ємного К.К.Д. досліджуваного гідропривода від 0,90 до 0 призводить до таких змін параметрів характеристики зміни тиску робочої рідини в разі зупинення поршня гідроциліндра: максимальний тиск робочої рідини ( $P_2$ ) зменшується з 16,50 МПа до 8,90 МПа; перепад тиску зменшується з 15,95 МПа до 8,39 МПа; тривалість збільшення тиску збільшується з 0,065 с до 0,190 с; тривалість зменшення тиску змінюється від 4 с до 160 с. Перевірка результатів осцилографування динамічного процесу на перехідних режимах свідчить, що достовірність технічних параметрів характеристик зміни тиску робочої рідини складає не менше 95 %. При цьому трудомісткість експрес-діагностування, в разі застосування умонтованих або переносних електронних діагностичних засобів, за даними діагностичними параметрами складає не більше 0,06 людино-годин, що в 3-4 рази менше, ніж діагностування механічними засобами.

#### **Висновки.**

1. Параметри характеристик зміни тиску робочої рідини в гідроагрегатах на перехідних режимах функціонування гідроприводів доцільно застосовувати в якості діагностичних, оскільки достовірність параметрів на їх основі не менше 95 %.

2. Спосіб діагностування на динамічних перехідних режимах функціонування гідроприводів є основою для розробки і застосування умонтованих і переносних електронних засобів для ведення безрозбірного діагностування, що забезпечує зменшення в 2-3 рази трудомісткості і вартості робіт при достовірності діагнозу не менше 85 % і допустимій похибці вимірювання не більше  $\pm 4$  %.

#### **Список літератури**

1. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1984.- 335 с.
2. Иванишин В., Коваль С., Ковпак А. Бортовые электронные устройства для тракторов // Техніка АПК.- 2006.- № 8,- С.6-8.
3. Шипиловский Т.Б., Архипов В.С. Перспективы развития диагностики технического состояния тракторов на основе бортовых электронных средств // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2004.- №7.- С. 3-7.
4. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т.В. Алексеева, В.Д. Бабанская, Т.М. Башта и др.; Под общ. ред. Т.М. Башты.- М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
5. Лебедев А.Т. Гидропневматические приводы тракторных агрегатов. – М.: Машиностроение, 1982. – 184 с.
6. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. М.: Гостехиздат, 1949. – 103 с.
7. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. Л.: Гостехиздат, 1951. – 223 с.
8. Яременко В.М., Яременко В.В., Одинцов Ю.В. Діагностування гідроприводів на перехідних режимах їх функціонування. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глевах: ННЦ "ІМЕСГ", 2009. Вип. 93. – С. 408-417.

*В. Яремик*

### **Диагностирование гидравлических приводов комбайнов на переходных режимах их функционирования – путь к созданию электронных диагностических средств**

Проанализировано функционирование гидравлических приводов на динамических переходных режимах, обусловленных изменением технологических режимов системы управления гидроагрегатов. Сформировано направление диагностирования гидроприводов по характеристикам изменения давления рабочей жидкости в полостях гидроагрегатов в случае остановки или изменения направления движения подвижных частей и скорости потока рабочей жидкости, как следствие перехода кинетической энергии движения частей механизмов и потока рабочей жидкости в потенциальную энергию пружинного деформирования деталей.

*V.Iremik*

Diagnosing of hydraulic drives on transitive modes of their functioning

Dynamic characteristics of hydraulic drives are analysed in case of performance of the dynamic technological operations caused by change of technological modes of a control system of hydrounits. The direction of diagnosing of hydrodrives under characteristics of change of pressure of a working liquid in emptiness of hydrounits is generated in case of a stop or change of a direction of movement of mobile parts and speed of a stream of a working liquid, as consequence (investigation) of transition of kinetic energy of movement of parts of mechanisms and a stream of a working liquid in potential energy of spring deformation of details.

Одержано 05.10.11

**УДК 621.7**

**С.В. Струтинський, канд. техн. наук**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

## **Визначення точного геометричного положення виконавчого органу просторової системи приводів**

Розроблено спеціальні пристрої для вимірів точного просторового положення виконавчого органу просторової системи приводів. Пристрої мають вигляд трьох точних сфер розташованих на виконавчому органі. Виведені аналітичні залежності для визначення просторового положення виконавчого органу. Наведено результати апробації запропонованого пристрою при експериментальних вимірах. Порівняння експериментальних вимірів із теоретичними розрахунками підтвердили ефективність розроблених пристроїв та запропонованої методики вимірів просторового положення виконавчого органу.

**система приводів, просторовий механізм, виконавчий орган, три сфери, просторове положення, методика, експериментальні виміри, точність**

**Актуальність досліджень.** Визначення точного просторового положення виконавчого органу системи приводів є актуальною науково-технічною проблемою. Її розв'язок дозволяє суттєво підвищити точність системи приводів, побудувати ефективні мехатронні системи керування приводами.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Просторова система приводів переміщує виконавчий орган повертаючи його довільним чином. Положення