



УДК 631.372:617-07

## ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ КОМБАЙНІВ

Яременко В.В. , інж.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Анотація** – теоретично та експериментально обґрунтовано важливість діагностування гідравлічних приводів для підвищення технічної готовності комбайнів та скороченні затрат на їх технічне обслуговування і ремонт. Приведено методичний підхід та результати дослідження по створенні системи технічного діагностування гідравлічного приводу рульового керування комбайнів.

**Ключові слова** – гідравлічний привод, система технічного діагностування.

*Постановка проблеми.* Як встановлено ґрунтовними спостереженнями та дослідженнями [1], оптимальна тривалість збирання зернових культур, при якій втрати зерна колосових культур не повинні перевищувати 2,5% від вирощеного врожаю, повинна складати не більше ніж 7-10 днів. Збільшення тривалості збирання може призвести до значних втрат, які можуть досягати іноді 20–30% від вирощеного врожаю [2]. Роботи по заготівлі кормів та збиранню коренеплодів також мають проводитись в оптимальні строки, щоб не допустити погіршення якості зібраної продукції та втрат. Однією з причин збільшення тривалості збиральних робіт є недостатньо висока надійність комбайнів, що призводить до їх простоїв по причині усунення несправностей. Тривалість простоїв комбайнів на проведення робіт по технічному обслуговуванню та усуненню несправностей досягає у середньому 0,5 – 0,6 годин на кожну годину чистої роботи комбайна [3]. Значна частина тривалості простоїв пов'язана з усуненням несправностей гідравлічних приводів комбайнів. Близько 24% відказів, від загальної кількості відказів по комбайну, припадає на гідравлічні приводи [4]. Надійність роботи комбайнів в значній мірі залежить від рівня технічного сервісу [5].

*Мета дослідження.* Підвищити технічну готовність сільськогосподарських комбайнів та зменшити затрати на їх технічне обслуговування і ремонт.

*Зміст дослідження.* Підвищенню надійності роботи гідравлічних приводів комбайнів сприяє своєчасне виявлення на ранніх стадіях розвитку та усунення несправностей. Це досягається шляхом створення та реалізації системи технічного діагностування гідравлічних приводів, в якій забезпечується взаємодія об'єкта та засобів діагностування з вирішенням наступних питань: обґрунтування виду та призначення систем діагностування; аналізу фізичних процесів, які проходять в об'єкті діагностування з метою встановлення механізмів виникнення та ознак проявлення пошкоджень і дефектів; встановлення переліку та нормативних значень діагностичних параметрів, які характеризують технічний стан гідроагрегатів; розробка засобів діагностування та алгоритмів пошуку несправностей.

Такий методичний підхід реалізовано при створенні системи діагностування гідравлічного приводу рульового керування комбайнів. Найбільш доцільним, на даному етапі, для гідравлічного приводу рульового керування є використання функціонального виду діагностування з визначенням як загального технічного стану так і локально окремих агрегатів, використовуючи переносний комплект механічних зовнішніх засобів діагностування. Основним призначенням системи діагностування є пошук несправностей та визначення технічного стану гідроагрегатів і прогнозування терміну подальшої їх експлуатації. Аналіз фізичних процесів, які відбуваються при функціонуванні гідроприводу проведено з використанням діагностичної моделі (рис. 1).

Для цього конкретний гідравлічний привод рульового керування умовно розбивається на структурні блоки, якими можуть бути: бак робочої рідини (Б); насос живлення (Н); насос-дозатор (НД); гідроциліндри (Ц); керовані колеса (КК). Структурно-функціональна модель будується для таких режимів роботи рульового керування: рух комбайна прямолінійно або криволінійно з фіксованим радіусом повороту; поворот керованих коліс з різною швидкістю при рухомому і нерухомому комбайні; поворот комбайна при працюючому і непрацюючому насосі живлення.

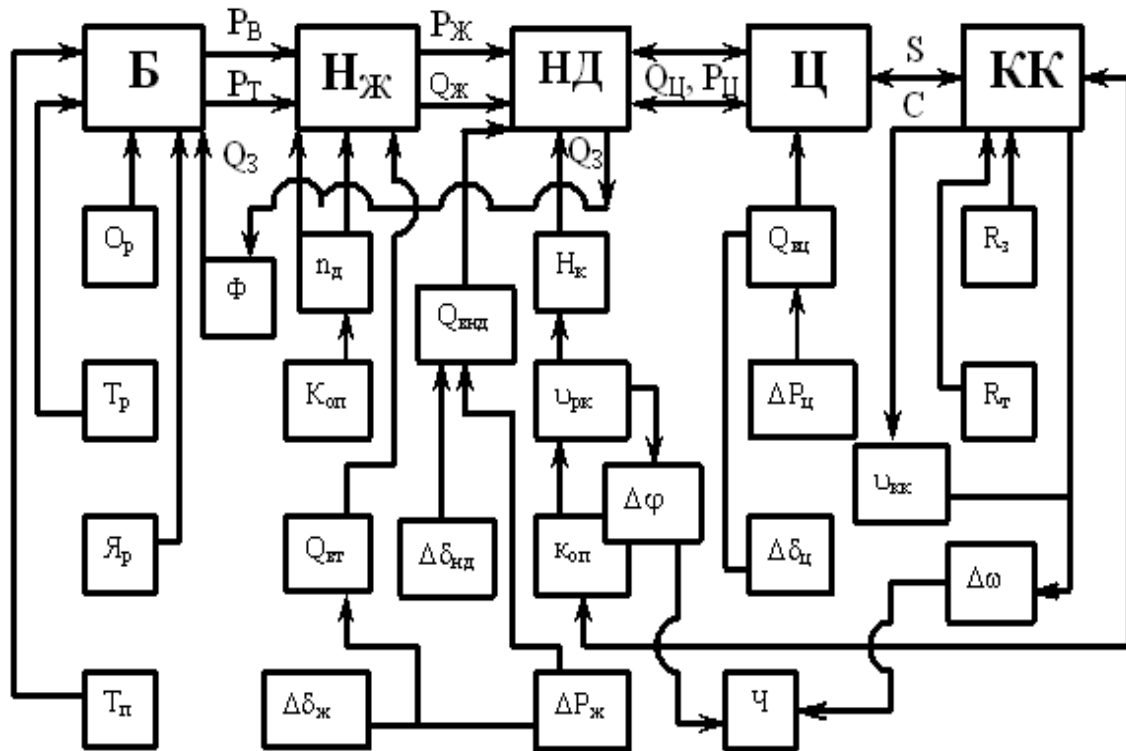


Рис. 1. Діагностична модель гідравлічного привода рульового керування комбайна: Б – бак; Н<sub>Ж</sub> – насос підживлення; НД – насос-дозатор; Ц – гідроциліндри; КК – керовані колеса; Т<sub>п</sub> – температура повітря; Т<sub>р</sub> – температура робочої рідини; О<sub>р</sub> – рівень робочої рідини в баку; Я<sub>р</sub> – якість робочої рідини; Ф – фільтр; Q<sub>з</sub> – злив робочої рідини в бак; P<sub>в</sub>, P<sub>т</sub> – тиск або вакуум в усмоктувальній магістралі; Q<sub>ж</sub>, P<sub>ж</sub> – подача і тиск робочої рідини на виході насоса живлення; н<sub>д</sub> – частота обертання колінчастого вала двигуна; К<sub>оп</sub> – команда оператора; Q<sub>вт</sub>, Q<sub>внд</sub>, Q<sub>вц</sub> – втрата робочої рідини в насосі живлення, насос-дозаторі та гідроциліндрах; Δδ<sub>ж</sub>, Δδ<sub>нд</sub>, Δδ<sub>ц</sub> – зазори в спраженнях деталей насоса живлення, насос-дозаторі та гідроциліндрах; ΔP<sub>ж</sub>, ΔP<sub>ц</sub> – перепад тиску робочої рідини в спраженнях насоса живлення та гідроциліндрах; Н<sub>к</sub> – насос-мотор керування; v<sub>рж</sub> – швидкість повороту рульового колеса; Δφ – приріст кута повороту рульового колеса; Ч – чутливість рульового керування; Δψ – приріст кута повороту керованих коліс; Q<sub>ц</sub>, P<sub>ц</sub> – подача та тиск робочої рідини в порожнинах гідроциліндрів; S, C – переміщення та зусилля штоків гідроциліндрів; v<sub>кк</sub> – швидкість повороту керованих коліс; R<sub>з</sub> – зовнішній опір повертання коліс; P<sub>т</sub> – опір тертя в механізмах

Кожний блок структурно-функціональної моделі характеризується дією зовнішніх і внутрішніх вхідних та вихідних параметрів. Кожний з представлених в діагностичній моделі

параметрів для конкретного режиму функціонування гідроприводу відповідає кількісному значенню згідно з технічними вимогами на виготовлення гідроагрегатів та їх елементів. Зміна цих параметрів в процесі експлуатації гідроприводу призводить до порушення робочого процесу, що характеризується різними видами несправностей.

Для встановлення характеру зміни структурних параметрів гідроагрегатів та їх вплив на експлуатаційні показники працездатності рульового керування комбайнів проведено експериментальні дослідження. Було відібрано комплекти гідроагрегатів рульового керування з різною ступінню спрацювання. З комплектними гідроагрегатами проведено випробування по параметрах згідно з технічними вимогами на виготовлення. Після випробувань гідроагрегати розбирались і проводилось визначення зміни структурних параметрів (розмірів) поверхонь деталей, які спрацьовувались в процесі експлуатації. Результати вимірювань (мікрометражу) оброблялись згідно з існуючими методиками.

На рис. 2. представлено залежність об'ємного коефіцієнта корисної дії ( $\eta$ ) насоса НШ-10 від загального зазору ( $\delta_3$ ) в спряженнях корпус–головки зубців шестерень, підшипник-торці зубців шестерень, підшипник–вал шестерні, корпус–підшипник та наробітку комбайна. Спрацювання поверхонь деталей призводить до збільшення зазорів в спряженнях, що спричиняє ріст втрат робочої рідини в насосі.

Об'ємний коефіцієнт корисної дії насоса НШ-10 визначався в результаті ділення фактичної подачі робочої рідини на теоретичну подачу при відповідній частоті обертання приводного вала, номінальних значеннях тиску та температури. Спрацювання поверхонь деталей призводить до збільшення зазорів в спряженнях, що і обумовлює зниження ОККД насоса.

За даними експериментальних досліджень втрати робочої рідини в спряженні “корпус – золотник” розподільника насоса-дозатора складають близько 90% від загальних втрат робочої рідини в насосі-дозаторі і можуть досягати 18 л/хв.

Втрати робочої рідини в спряженнях деталей підсилювача потоку, запобіжного та запірних клапанів, силових гідроциліндрів змінюються в процесі експлуатації в незначних межах (0,05 – 0,06 л/хв) і при проведенні технічного обслуговування можуть приводитись майже до номінальних значень шляхом виконання регулювальних та очисних операцій, а також заміною ущільнення.

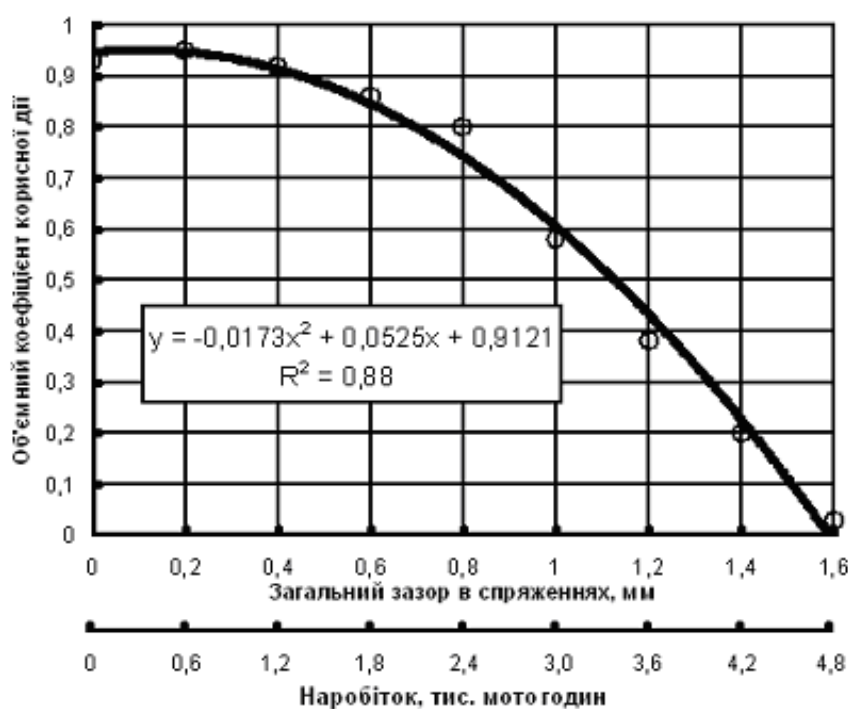


Рис. 2. Залежність об'ємного коефіцієнта корисної дії ( $\eta$ ) насоса НШ-10 від загального зазору ( $\delta_3$ ) в спряженнях корпус-головки зубців шестерень, підшипник-торці зубців шестерень, підшипник-вал шестерні, корпус-підшипник та наробітку комбайна:  $y(x)$  – рівняння регресії;  $R^2$  – імовірність апроксимації;  $\Delta P = 10$  МПа – перепад тиску робочої рідини в спряженнях

Для встановлення впливу зміни структурних параметрів на основні експлуатаційні показники працездатності рульового керування комбайнів, які регламентуються відповідними стандартами [6], проведено експериментальні дослідження. Повні комплекти гідроагрегатів рульового керування комбайна з різною ступінню спрацювання поверхонь деталей встановлювались на експериментальну установку, на якій створювались та контролювались такі параметри: частота обертання приводного вала шестеренного насоса живлення; подача насоса живлення та насоса-дозатора; тиск та температура робочої рідини; швидкість обертання рульового колеса; тривалість повного переміщення поршнів гідроциліндрів, яка відповідає повному повороту керованих коліс з одного крайнього положення в інше; швидкість скочвання рульового колеса; швидкість переміщення поршнів гідроциліндрів; навантаження на штоки гідроциліндрів; втрата робочої рідини в гідроагрегатах та їх спряженнях.

Випробування проводились на робочій рідині, яка передбачена заводом-виготовлювачем для конкретного комбайна. Режимми навантаження та температура робочої рідини створювались в межах

передбачених нормативною документацією на гідроагрегати та комбайни. В процесі проведення експериментальних досліджень давалась оцінка обґрунтованих діагностичних параметрів, які характеризують загальний технічний стан гідравлічного приводу рульового керування та окремо гідроагрегатів і їх елементів. При визначенні доцільності застосування того чи іншого діагностичного параметра використовувались такі критерії: достовірність технічного діагностування; трудомісткість (тривалість) діагностування; пристосованість об'єкта до діагностування; універсальність та вартість засобів технічного діагностування; повнота та глибина діагностування.

За результатами досліджень встановлено перелік та нормативні значення діагностичних параметрів (номінальні, допустимі, граничні). Номінальні значення діагностичних параметрів відповідають номінальним значенням параметрів технічного стану нових гідроагрегатів згідно технічним вимогам заводів-виготовлювачів.

Граничні значення діагностичних параметрів відповідають такому технічному стану гідроагрегатів, при якому подальша експлуатація комбайнів неможлива виходячи з вимог безпеки руху та економічної ефективності. Допустимі значення діагностичних параметрів визначалися за існуючими методиками [7] виходячи з того, що вони відповідають такому технічному стану гідроагрегата, при якому даний агрегат має можливість безвідмовно працювати встановлений термін часу до наступного діагностування

$$P_d = P_o - \frac{P_r - P_o}{\left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right)^\alpha},$$

- де  $P_d$  – допустиме значення відхилення діагностичного параметра;  
 $P_o$  – максимальне (номінальне) значення діагностичного параметра для нового агрегату;  
 $P_r$  – граничне значення діагностичного параметра;  
 $T_2$  – нормативне значення доремонтного ресурсу агрегату;  
 $T_1$  – нормативне значення періодичності діагностування;  
 $\alpha$  – показник динаміки спрацювання агрегату.

Для вимірювання обґрунтованих діагностичних параметрів розроблено комплекти засобів їх застосування [9].

Пошук несправностей здійснюється за розробленими алгоритмами. Розроблено комплекс взаємоузгоджених правил, способів і засобів експрес, оперативного та періодичного

діагностування гідроприводів комбайнів, ефективність яких підтверджено лабораторними та виробничими випробуваннями.

#### Висновки

1. Застосування розробленої системи технічного діагностування гідравлічних приводів рульового керування комбайнів забезпечує доведення коефіцієнта готовності гідроагрегатів до 0,85 – 0,90, а також на 20 – 25% збільшення використання їх ресурсу.

2. Тривалість експрес-діагностування гідравлічного приводу рульового керування складає в середньому біля 5 хвилин, а повне діагностування з використанням зовнішніх засобів технічного діагностування складає близько 30 хв.

3. Достовірність технічного діагностування гідравлічного приводу рульового керування при заданій глибині пошуку місця несправності знаходиться в межах 90 – 95%.

#### Література

1. *Наукові основи ведення зернового господарства* / В.Ф. Сайко, М.Г. Лобас, Г.В. Яшовський та інші: За ред. В.Ф. Сайка; Упоряд.: Г.В. Яшовський. – К.: Урожай, 1994. – 336 с.
2. *Войтюк Д.Г., Демко А.А., Демко С.А.* Парк зернозбиральних комбайнів України до жнив 2001 року. *Техніка АПК*, 2000, № 10. – С. 9-10.
3. *Комплексна механізація виробництва зерна* / І.М. Каплін, М.П. Романенко, М.Н. Нагорний, О.П. Бабик. За ред. І.М. Капліна, – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
4. *Храмцов Л.Д., Гараєв П.И., Карпенко В.Д.* Оценка надежности комбайнов “Дон-1500” в эксплуатационных условиях. – *Тракторы и сельскохозяйственные машины*, 1991, № 2. – С. 44-46.
5. *Варнаков В.В., Денсаткин М.Е., Шленкин К.В.* Надежность комбайнов “Дон-1500”, находящихся в лизинге, при различном качестве их технического сервиса. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1997, № 9. – С. 21-25.
6. *ГОСТ 28174-89 (СТ СЭВ 6266-88).* Тракторы и сельскохозяйственные машины. Объемный гидропривод рулевого управления. Общие технические требования. – М.: Госстандарт, 1990. – 12 с.
7. *Михлин В.М.* Управление надежностью сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
8. *СОУ 29.3 -37-438: 2006.* Техніка сільськогосподарська. Діагностичне забезпечення гідравлічних приводів. Загальні технічні вимоги. – 2006. – 14 с.

9. Яременко В.В. Удосконалення способів та засобів діагностування гідравлічних приводів комбайнів. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / “ННЦ ІМЕСГ” НААН. – Глеваха, 2011. – 23 с.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА КОМБАЙНОВ**

*Яременко В.В.*

### *Аннотация*

**Теоретически и экспериментально обосновано важность диагностирования гидравлических приводов для повышения технической готовности комбайнов и сокращения затрат на их техническое обслуживание и ремонт. Приведен методический подход и результаты исследований по созданию системы диагностирования гидравлического привода рулевого управления комбайнов.**

## **TECHNICAL DIAGNOSING OF A HYDRAULIC DRIVE OF COMBINES**

*V. Yaremenko*

### *Summary*

**It is proved importance of diagnosing of hydraulic drives for increase of technical readiness of combines and reductions of expenses for technical service. The methodical approach and results of researches on creation of system of diagnosing of a hydraulic drive of steering management of combines is resulted.**