



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42494 (13) U  
(51) МПК (2009)  
F02M 65/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАЛИВНОГО НАСОСА ДИЗЕЛЯ

1

2

(21) u200900552

(22) 26.01.2009

(24) 10.07.2009

(46) 10.07.2009, Бюл.№ 13, 2009 р.

(72) ГРОМ- МАЗНИЧЕВСЬКИЙ ЛЕОНІД ГНАТО-  
ВИЧ, СМІШУК НІНА ВОЛОДИМИРІВНА, ХАРАГО-  
РГІЄВ СЕРГІЙ МАРКОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИ-  
ТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬ-  
КОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ  
АГРАРНИХ НАУК

(57) Спосіб діагностування паливного насоса ди-  
зеля шляхом визначення дійсної максимальної  
продуктивності  $G_{\max.d}$  паливного насоса та порів-  
няння її з максимальним паспортним значенням  
 $G_{\max.p}$  продуктивності цього паливного насоса, на  
підставі чого визначають ступінь потреби в регу-  
люванні паливного насоса, який **відрізняється**  
тим, що визначення продуктивності  $G_{\max.d}$  викону-  
ють під час звичайної роботи паливного насоса на  
дизелі, який періодично працює з перевантажен-  
нями, для чого протягом кожного періоду  $\Delta T$ , три-  
валість якого повинна бути можливо меншою, але  
достатньою для визначення продуктивності палив-  
ного насоса з припустимою похибкою (звичайно  
 $\Delta T=1-2$  с), вимірюють поточне значення продукти-  
вності  $G_n$  паливного насоса, заносять його в опе-  
ративну пам'ять і з цих даних вираховують дійсну  
інтенсивність  $I_d$  зміни продуктивності паливного  
насоса за виразом:

$$I_d = \Delta G / \Delta T,$$

де  $\Delta G = 100(G_{n2} - G_{n1}) / G_{n2}$  - процент зміни продукти-  
вності паливного насоса протягом періоду  $\Delta T$ , а  
 $G_{n2}$  і  $G_{n1}$  - продуктивності паливного насоса, відпо-  
відно в останньому і в попередньому періоді  $\Delta T$ , та  
якщо значення  $I_d$  і  $\Delta G$  перевищують їх критичні  
значення  $\Delta G_k$  і  $I_k$ , де  $I_k = \Delta G_k / \Delta T$ , при яких значення  
 $G_{n2}$  починає зменшуватись відносно його значен-  
ня, отриманого при стабільному режимі роботи,  
визначають затримку  $T_z$ , протягом якої забороня-  
ють будь-які зміни в постійній пам'яті, де зберіга-  
ються результати діагностування, вираховуючи  
значення тривалості затримки  $T_z$  за виразом:

$$T_z = K(\Delta G - \Delta G_k),$$

де  $K = T_{z,\max} / \Delta G_{\max}$  - коефіцієнт;  $T_{z,\max}$  - тривалість  
перехідного процесу від холостого ходу до встано-  
влення стабільної продуктивності  $G_{\max.d}$  потоку  
паливного після раптового збурення на  $\Delta G_{\max} = 100$   
% за період  $\Delta T$  (звичайно  $T_{z,\max}$  дорівнює 5-8 с), і  
далі продовжують аналізувати чергові значення  $I_d$   
в межах тривалості затримки  $T_z$  та, при появі но-  
вих значень затримок  $T_z$ , ліквідують їх попередні  
значення, якщо нове значення  $T_z$  вимагає більш  
подовженої затримки, якщо ж протягом затримки  
 $T_z$  і після її закінчення нові значення  $I_d$  не виходять  
за межі критичного значення  $I_k$ , визначене після  
закінчення затримки  $T_z$  значення продуктивності  
 $G_{n1}$  вводять в постійну пам'ять, надаючи йому по-  
значення  $G_{nn2}$ ; і продовжують аналогічним чином  
процес вимірювання продуктивності  $G_{n2}$ , порівню-  
ють останнє зареєстроване значення продуктив-  
ності  $G_{n2}$  з вже введеними в постійну пам'ять зна-  
ченнями  $G_{nn2}$ , послідовно запам'ятовуючи тут  
більші значення продуктивності замість менших та  
залишаючи в постійній пам'яті декілька (A), але не  
менше трьох ( $A \geq 3$ ), найбільших значень продукти-  
вності  $G_{nn2}$  і продовжують процес оновлення зі-  
браних в постійній пам'яті значень  $G_{nn2}$  доти, поки  
там не назбираються значення продуктивностей  
паливного насоса, різниця між найбільшим і най-  
меншим з яких не буде по абсолютній величині  
менше за припустиму похибку вимірювання проду-  
ктивності паливного насоса, після чого вирахову-  
ють з залишених в постійній пам'яті значень про-  
дуктивності  $G_{nn2}$  середнє арифметичне їх  
значення, яке приймають як вишукуване дійсне  
максимальне значення продуктивності  $G_{\max.d}$  па-  
ливного насоса, та вираховують процент D зна-  
чення  $G_{\max.d}$  відносно значення  $G_{\max.p}$  за виразом:

$$D = 100 G_{\max.d} / G_{\max.p}$$

і представляють значення D разом з коментарем  
про ступінь потреби в регулюванні паливного на-  
соса на індикаторі приладу негайно після визна-  
чення потреби в регулюванні, якщо дизель пра-  
цює, або автоматично після зупинки дизеля, або  
по виклику оператора.

(19) UA (11) 42494 (13) U

Корисна модель відноситься до технічного обслуговування дизелів та може бути використана для оперативного визначення змін технічного стану їх паливних насосів, зокрема, при експлуатації дизелів в сільському господарстві.

Широко відомий спосіб діагностування паливних насосів дизелів з допомогою стаціонарних паливних стендів [див. „Топливная аппаратура тракторных и комбайновых двигателей”. М., „Колос”, 1980, С.120-123]. Для здійснення діагностування паливний насос знімають з дизеля і визначають дійсну максимальну продуктивність  $G_{\max,d}$  його секцій, а звідси і насоса в цілому. Потім порівнюють значення  $G_{\max,d}$  з його максимальним паспортним значенням  $G_{\max,p}$ , на підставі чого приймають діагностичні рішення про дії, які потрібно виконати для відновлення нормальної роботи паливного насоса.

Недоліками такого способу діагностування паливного насоса є:

- необхідність вилучити робочу машину, на якій встановлено дизель, з експлуатації на час діагностування;

- трудомісткість процесів знімання паливного насоса з дизеля і повернення на дизель;

- порушення герметичності з'єднань паливопроводів, які необхідно розбирати при зніманні паливного насоса з дизеля;

- треба мати свій дорогий паливний стенд з кваліфікованим робітником або звертатись до служби сервісу дизелів.

Крім того можливо, що помічене в роботі погіршення тягових і динамічних характеристик трактора викликали не хиби в роботі паливного насоса дизеля, а зміни умов роботи (наприклад, зміна твердості ґрунту, який ореється). Тоді складні дії вказаного діагностування паливного насоса будуть зайвими і навіть шкідливими. Подолати цей недолік можливо лише шляхом діагностування паливного насоса під час звичайної роботи дизеля.

Відомий спосіб діагностування паливного насоса дизеля, що реалізований в переносному приладі для діагностування паливного насоса без знімання його з дизеля, який розроблений в Дослідному ПКТБ Сибірського НДІ механізації та електрифікації сільського господарства [див. „Автотдизель-тестер АДТ-1. Руководство по эксплуатации”, Краснообск, 2001г., 22с.]. В відомому способі визначають дійсну максимальну продуктивність  $G_{\max,d}$  паливного насоса та порівнюють її з максимальним паспортним значенням  $G_{\max,p}$ , на підставі чого визначають ступінь потреби в регулюванні паливного насоса. Дійсне максимальне значення  $G_{\max,d}$  продуктивності паливного насоса визначають по максимальній швидкості виходу пального з мірного циліндра при розгоні дизеля на зупиненій машині.

Недоліком відомого способу діагностування паливного насоса є необхідність вилучення робочої машини, на якій встановлено дизель, з експлуатації на час діагностування.

Задачею корисної моделі є спосіб діагностування паливного насоса дизеля, в якому, завдяки новому порядку вимірювання та вирахування зна-

чень відомих і додаткових параметрів процесу діагностування, досягається можливість проводити діагностування під час звичайної роботи машини з цим дизелем в полі при - періодичних перевантаженнях дизеля.

Необхідний для реалізації запропонованого способу діагностичний прилад може представляти один чи два паливоміра для вимірювання поточної продуктивності  $G_n$  потоку пального, який надходить до паливного насоса, та мікропроцесорний блок для оброблення сигналів паливомірів за алгоритмом, реалізуючим заявлений спосіб. Такий прилад може бути постійно встановленим на дизелі. Тоді буде можливо не тільки діагностувати паливний насос, але також, при введенні в програмне забезпечення мікропроцесорного блока додаткових функцій, оцінювати ефективність використання пального при виконанні технологічних процесів та коректувати експлуатаційні режими роботи машини з метою мінімізації витрати пального на одиницю виконуваної роботи.

Вказана задача вирішується завдяки тому, що на протязі кожного періоду  $\Delta T$ , тривалість якого повинна бути можливо меншою, але достатньою для визначення продуктивності  $G_n$  з припустимою похибкою (звичайно  $\Delta T=1-2$ с), вимірюють поточне значення продуктивності  $G_n$  паливного насоса, заносять його в оперативну пам'ять і з цих даних вираховують дійсну інтенсивність  $I_d$  зміни продуктивності паливного насоса за виразом:

$$I_d = \Delta G / \Delta T,$$

де  $\Delta G = 100(G_{n2} - G_{n1}) / G_{n2}$  - процент зміни продуктивності паливного насоса на протязі періоду  $\Delta T$ , а  $G_{n2}$  і  $G_{n1}$  - продуктивності паливного насоса, відповідно в останньому і в попередньому періоді  $\Delta T$ . Якщо значення  $\Delta G$  і  $I_d$  перевищують їх критичні значення  $\Delta G_k$  і  $I_k$ , де  $I_k = \Delta G_k / \Delta T$ , при яких значення  $G_{n2}$  починає зменшуватись відносно його значення, отриманого при стабільному режимі роботи, визначають затримку  $T_z$ , на протязі якої забороняють будь-які зміни в постійній пам'яті, де збираються результати діагностування, вираховуючи значення затримки  $T_z$  за виразом:

$$T_z = K(\Delta G - \Delta G_k),$$

де  $K = T_{z,\max} / \Delta G_{\max}$  - коефіцієнт;  $T_{z,\max}$  - тривалість перехідного процесу від холостого ходу до встановлення стабільної продуктивності  $G_{\max,d}$  потоку пального після раптового збурення на  $\Delta G_{\max} = 100\%$  за період  $\Delta T$  (звичайно  $T_{z,\max}$  дорівнює 5-8с). Далі продовжують аналізувати чергові значення  $I_d$  в межах тривалості затримки  $T_z$  та при появі нових значень затримок  $T_z$  ліквідують їх попередні значення, якщо нове значення  $T_z$  вимагає більш подовженої затримки. Якщо ж на протязі затримки  $T_z$  і після її закінчення нові значення  $I_d$  не виходять за межі критичного значення  $I_k$ , визначене після закінчення затримки  $T_z$  значення продуктивності  $G_{n2}$  вводять в постійну пам'ять, надаючи йому позначення  $G_{nn2}$ , і продовжують аналогічним чином процес вимірювання продуктивності  $G_{n2}$ , порівнюють останнє зареєстроване значення продуктивності  $G_{n2}$  з вже введенними в постійну пам'ять значеннями  $G_{nn2}$ , послідовно запам'ятовуючи

тут більші значення продуктивності замість менших та залишаючи в постійній пам'яті декілька (А), але не менше трьох ( $A \geq 3$ ), найбільших значень продуктивності  $G_{nn2}$ . Процес оновлення зібраних в постійній пам'яті значень  $G_{nn2}$  продовжують доти, поки там не назбираються значення продуктивностей паливного насоса, різниця між найбільшим і найменшим з яких не буде по абсолютній величині менше за припустиму похибку вимірювання продуктивності паливного насоса. Після цього вираховують з залишених в пам'яті значень продуктивності  $G_{nn2}$  середнє арифметичне їх значення, яке приймають в якості вишукуваного дійсного максимального значення продуктивності  $G_{max,d}$  паливного насоса та вираховують процент  $D$  значення  $G_{max,d}$  відносно значення  $G_{max,p}$  за виразом:

$$D = 100 G_{max,d} / G_{max,p}$$

і представляють значення  $D$  разом з коментарем про ступінь потреби в регулюванні паливного насоса на індикаторі приладу або негайно після визначення потреби в регулюванні, якщо дизель працює, або автоматично після зупинки дизеля, або по виклику оператора.

Завдяки тому, що заборонено змінювати вміст постійної пам'яті, коли інтенсивність  $I_d$  змін продуктивності паливного насоса перевищує критичне значення  $I_k$ , в постійній пам'яті накопичуються лише ті значення  $G_{nn2}$ , які не відрізняються від значень  $G_n$ , отриманих при стабільних режимах роботи дизеля. Крім того, продовження збирання і оновлення в постійній пам'яті значень  $G_{nn2}$  доти, поки зібрані значення не будуть відрізнятися між собою не більше, як на припустиму похибку вимірювання продуктивності  $G_n$ , гарантує отримання максимально можливого значення продуктивності паливного насоса, а визначення середнього арифметичного зі значень  $G_{nn2}$  додатково зменшує можливу похибку вимірювань. Все це гарантує достовірність результатів діагностування, отриманих заявленим способом.

Конкретний приклад використання корисної моделі.

Діагностували паливний насос марки НД-22 дизеля СМД-62, який був встановлений на тракторі Т-150К виробництва Харківського тракторного заводу. Максимальне паспортне значення  $G_{max,p}$  продуктивності цього паливного насоса становить 29,6 кг/годину.

Дійсне значення продуктивності  $G_{max,d}$  паливного насоса, продіагностованого на дизелі, визначали як різницю потоків пального з бака до дизеля і з дизеля в бак. Продуктивність кожного з цих потоків вимірювали з допомогою їх індивідуальних паливомірів і мікропроцесорного блока, який вираховував також різницю потоків за кожний черговий період  $\Delta T$ , прийнятий рівним 1с. Використання генератора стабільної частоти 1кГц для обліку проміжків часу між імпульсами паливомірів, а також застосування вирахованих з відповідною точністю змінних значень коефіцієнтів перерахунку числа імпульсів кожного з паливомірів в кількість пального в залежності від швидкості і температури потоку пального, дозволили вести розрахунки витрати пального з похибкою не більше 1%.

Критичні значення  $I_k$  та  $T_{z,max}$  визначили з допомогою спеціального експерименту, в якому використали дослідницький зразок приладу, реалізуючого заявлений спосіб діагностування паливного насоса, але без обмежень, які забороняють запам'ятовувати і виводити на індикатор будь-яке негайно отримане значення  $D$ . Тобто на час цього експерименту була відсутня заборона змінювати вміст пам'яті приладу при будь-якій інтенсивності змін продуктивності паливного насоса і в залежності від кількості та співвідношення значень  $G_{nn2}$ , накопичених в пам'яті приладу. Це дозволило виділити значення їх та  $T_{z,max}$  серед поточних значень  $I_d$  та  $T_z$ .

Спеціальний експеримент виконали при гальмових випробуваннях дизеля на тракторі через вал відбору потужності трактора. Спочатку при стабільних режимах навантаження, які створював гальмовий стенд, ретельно (похибка в межах 1%) відновили максимальну паспортну продуктивність паливного насоса і одночасно відрегулювали діагностичний прилад на індикацію номінального значення  $D = 100\%$ . Потім задавали коливання навантаження на  $\pm 10\%$  відносно номіналу з тривалістю півперіоду коливання в одну сторону, що давало зміну навантаження на 20%, за  $T = 10, 8, 6, 5, 4, 3, 2$ с і слідували за значенням  $D$ , яке змінювалось через кожну секунду. В діапазоні півперіоду коливань 10-5с не спостерігалось зменшення максимального значення  $D$ . При півперіоді коливань 4с максимальне значення  $D$  на індикаторі було вже не більше 99%. Тому значення  $I_k$  прийняли відповідним півперіоду коливань 5с:

$$I_k = \Delta G / T = 20\% / 4с = 4\% \cdot с^{-1}.$$

Для визначення тривалості затримки  $T_{z,max}$  змінювали навантаження дизеля гальмовим стендом з нуля до 100% за 1с. Було з'ясовано, що після такого збурення новий сталий режим роботи дизеля ( $D=100\%$  на індикаторі приладу) з'являється через 6-8с після початку збільшення навантаження. Звідси прийняли такі значення параметрів:

$$T_{z,max} = 8с; K = T_{z,max} / \Delta G_{max} = 0,08с \cdot \%^{-1},$$

а вираз для визначення затримки  $T_z$  тоді має такий вигляд:

$$T_z = 0,08 (\Delta G - 4), \text{ де } \Delta G = 100(G_2 - G_1) / G_2.$$

Закінчили підготовчі дії на гальмовому стенді тим, що знайшли положення упора коректора паливного насоса НД-22 дизеля СМД-62, яке забезпечувало зменшення максимальної продуктивності паливного насоса на 10% ( $D$  або  $G_{max,d}$  в процентах до номіналу дорівнює 90%). Це положення упора коректора використовували для імітації спрацювання паливного насоса на 10% при перевірці функціонування заявленого способу в полі.

Число  $A$  значень  $G_{nn2}$  в пам'яті приладу, середнє арифметичне з яких дає значення  $G_{max,d}$ , було прийнято рівним 4, а припустиме значення похибки вимірювання продуктивності паливного насоса у відсотках, розмір якої визначав максимальну припустиму різницю між значеннями  $G_{nn2}$ , зібраними в пам'яті приладу, було прийнято рівним 1,5%.

Після встановлення значень всіх перелічених вище параметрів заявленого способу діагностування паливного насоса стало можливим виконати розробку програмного забезпечення мікропроце-

сорного блока дослідницького зразка діагностичного приладу в повному обсязі.

Перевірка роботи дослідницького зразка приладу в полі на тракторі Т-150К була здійснена на оранці плугом ПЛН-5-35. Максимальна продуктивність паливного насоса була номінальна і зменше-

на на 10%. Програмне забезпечення приладу було скоректоване так, щоб результат діагностування (значення D) з'являвся на індикаторі приладу негайно після його отримання на ходу трактора.

Результати виконаної перевірки представлені в таблиці.

Таблиця

Дійсна максимальна продуктивність паливного насоса ( $G_{\max.d}$ ) по відношенню до номіналу, %	№ досліджу	Тривалість збирання діагностичної інформації, хв.	Визначена приладом максимальна продуктивність паливного насоса по відношенню до номіналу (D), %	Відхилення визначеної максимальної продуктивності паливного насоса за межі допуску на її дійсне значення, %
100±1	1	42	99	немає
	2	37	98	-1
	3	52	100	немає
	4	34	101	немає
	5	47	100	немає
90±1	6	23	88	-1
	7	28	90	немає
	8	34	90	немає
	9	27	89	немає
	10	30	90	немає

Виконана експериментальна перевірка роботи в полі дослідницького зразка приладу, який діяв згідно заявленому способу діагностування паливного насоса дизеля, показала, що значення максимальної продуктивності паливного насоса, ви-

значене за допомогою цього приладу, практично співпадає з її дійсним значенням. Це свідчить про достатню точність діагностування паливного насоса дизеля з використанням заявленого способу.