

ЯНІШЕВСЬКИЙ В. Ю.

Вінницький національний аграрний університет

ORCID: 0000-0003-4467-6654

e-mail: vasyli.yuriiiovych@gmail.com

ОБґРУНТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

У статті розглядаються результати кваліметричної експертизи методів технічної діагностики гідравлічних систем. Наведено класифікацію методів технічної діагностики гідравлічних систем, на основі якої виконано порівняльний аналіз даних методів. Розглядаються також математичні процедури обробки матриці оцінок експертів із використанням критерію «сигнал/шум».

Ключові слова: гідравлічний привід, технічна діагностика, експертна оцінка, кваліметрична експертиза, гнучка технологія, обчислювальна техніка, автоматизовані системи.

VASYL YANISHEVSKYY
Vinnytsia National Agrarian University

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

The article considers the results of qualimetric examination of methods of technical diagnostics of hydraulic systems. The theoretical analysis of methods of technical diagnostics of hydraulic systems is carried out, where their characteristics were studied and the advantages and disadvantages of each method from the list are considered. Also, the criteria that guide the choice of a method of diagnostics of hydraulic systems were determined, a matrix of evaluations of experts to assess the informativeness of methods of technical diagnostics of hydraulic systems. The results of the examination on the criterion "signal / noise" were processed. Thus, according to the results of expert evaluation, the most preferred methods for the diagnosis of hydraulic systems are: the method of diagnosis by the parameters of the working fluid, temporal, vibroacoustic and thermal methods. Use of the chosen diagnostic methods will allow to estimate precisely a technical condition of hydraulic system and its residual technical resource. The classification of methods of technical diagnostics of hydraulic systems on the basis of which the comparative analysis of these methods is executed is presented. Mathematical procedures for processing the matrix of expert estimates using the signal-to-noise criterion are also considered. Based on the results of evaluation of diagnostic methods of hydraulic systems of technological equipment for various purposes using the criterion "signal / noise" a certain combination of methods can be formed, which will be optimal for assessing the technical condition of hydraulic system of a particular technological machine.

Keywords: hydraulic drive, technical diagnostics, expert assessment, qualimetric examination, flexible technology, computer technology, automated systems.

Вступ

Сучасна економіка характеризується неухильним зростанням парку складних та дорогих технічних систем, до яких належать і гідравлічні приводи. Гідравлічні приводи застосовуються у різних галузях техніки як виконавчі органи систем управління та автоматизації технологічних процесів, приводів робочих органів машин. Високий рівень технічної складності гідравлічних систем, а також високі вимоги до їх безпеки, безвідмовності та довговічності роблять дуже важливою точну оцінку їхнього технічного стану в процесі експлуатації. Ефективність експлуатації гідрофікованих машин істотно залежить від наявності сучасних методів та засобів діагностування машин загалом та гідравлічних систем зокрема.

Параметри гідравлічних систем технологічних машин, що змінюються при експлуатації, оцінюються різними діагностичними методами, що володіють певними перевагами і недоліками. Вибір методів діагностування істотно залежить від типу, призначень та умов експлуатації гідравлічних систем, і навіть від оснащення експлуатаційних підрозділів засобами діагностики [2].

Виклад основного матеріалу

Достовірність оцінки технічного стану гідравлічних систем та приводів суттєво залежить від досконалості методів їхньої діагностики. Основним показником, що визначає достовірність, є похибка діагностування. Існує досить велика різноманітність методів контролю параметрів гідравлічних систем, що змінюються в процесі експлуатації [1, 2]. На рис. 1 представлена класифікаційна схема методів діагностики гідравлічних систем, що найчастіше використовуються на практиці. Розглянемо далі кожен із методів докладніше.

Органолептична діагностика складає основу аналізу сприйняття органів чуття: зору, нюху, слуху, дотику, смаку. Таким чином, перевіряється зовнішня герметичність елементів гідроприводу, температура корпусів гідравлічних пристроїв, відносний рівень вібрацій і шуму гідромашин та інших загальних параметрів гідросистем. Перевагами органолептичного методу діагностики є низька трудомісткість та відсутність необхідності застосування засобів вимірювання. Недоліками цього методу є низька точність оцінки і суб'єктивність результатів. Така діагностика може застосовуватися для простих гідросистем та гідросистем з легкими режимами роботи, для яких застосування інструментальних засобів є економічно недоцільним.

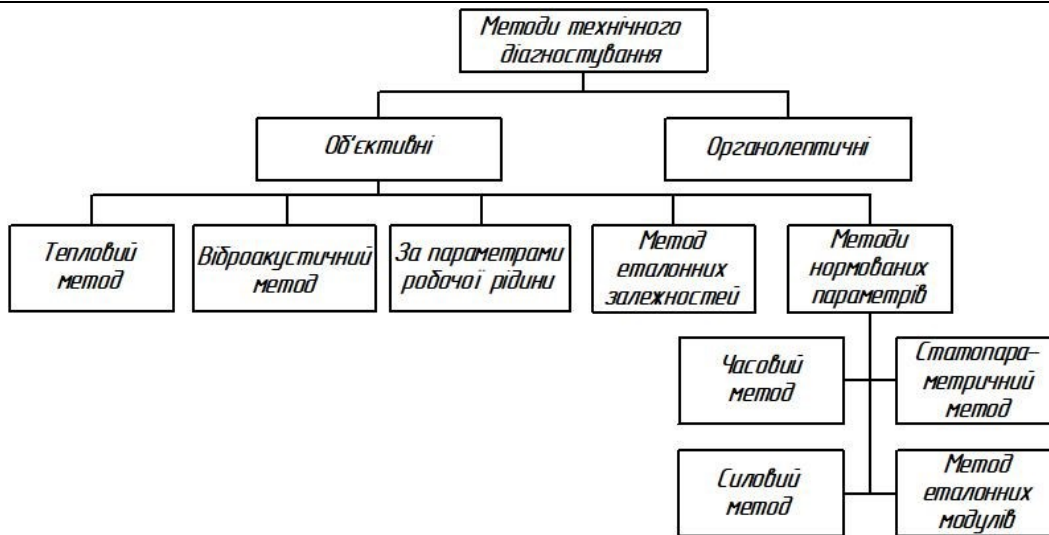


Рис. 1. Методи технічної діагностики гідравлічних систем

Тимчасовий метод діагностики заснований на визначенні часу виконання робочих операцій виконавчими органами гідравлічної системи, що діагностується. Перевагою даного методу є простота реалізації та низька трудомісткість. Недоліками цього методу є низька точність через складність забезпечення стаціонарних режимів роботи, що досить точно повторюються, необхідність використання приладів вимірювання часу, а також низька інформативність.

Статопараметричний метод заснований на вимірі витрати і тиску встановленого задросельованого потоку робочої рідини. Цей метод дозволяє оцінювати об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД), і за його величиною оцінювати та прогнозувати стан гідроприводу в цілому та його складових частин. Перевагою цього методу є висока точність. Серед недоліків цього методу слід відзначити високу трудомісткість, необхідність роз'єднання трубопроводів для встановлення датчиків на кожному агрегаті, необхідність застосування цілої гама датчиків для різних типорозмірів агрегатів [2, 3].

Силовий метод діагностики заснований на визначенні величини сили, що розвивається виконавчими органом діагностованої гідросистеми – гідроциліндром або гідромотором. Перевагою силового методу є низька трудомісткість. Недоліками методу є низька інформативність і труднощі практичного застосування через необхідність використання гідрофікованої машини будь-яких габаритів навантажувальних пристроїв.

Метод еталонних модулів заснований на порівнянні експериментально визначених значень параметрів (потужності, ККД, сили, що розвивається, крутних моментів, тиску, подачі, переміщень тощо) гідравлічного приводу в цілому та його окремих агрегатів з їх паспортними значеннями або з нормами технічних умов.

Метод еталонних залежностей заснований на порівнянні експериментально отриманих функціональних залежностей параметрів гідравлічної системи та її окремих агрегатів з еталонними залежностями, отриманими розрахунковим чи експериментальним шляхом. Перевагами такого методу є висока точність та інформативність, а також можливість діагностики без відключення гідроприводу від роботи. Недоліками цього є використання складного і відносно дорогого діагностичного обладнання, оскільки у більшості випадків при діагностуванні цим методом застосовуються непрямі ознаки.

Діагностика за параметрами робочої рідини виходить із того, що робоча рідина є носієм комплексної інформації про роботу системи, оскільки вона омиває всі елементи системи. До основних переваг використання даного методу діагностики відноситься висока інформативність, можливість оцінки стану гідроприводу без зупинки роботи обладнання та розбирання; можливість автоматизації. Недоліками даного методу є висока трудомісткість та необхідність використання дорогого обладнання.

Вібраакустичний метод діагностики ґрунтується на вимірі акустичної емісії, зумовленої вібраціями об'єктів діагностування. Метод передбачає вимірювання зазорів у з'єднаннях деталей за величинами їх вібраційних характеристик і акустичними шумами, що виникають у роботі машини, яка діагностується. Сутність методу полягає в тому, що в міру зносу механізмів або при виникненні дефектів змінюється характер шуму і вібрацій. Перевагами даного методу контролю є висока інформативність вібраакустичних сигналів, простота перетворення в електричні сигнали і, отже, можливість автоматизації процесу контролю. Недоліками методу є необхідність застосування спеціальних перетворювачів для поділу корисних сигналів та перешкод.

Тепловий метод діагностики заснований на оцінці розподілу температури на поверхнях вузлів та агрегатів, а також перепадів температур циркулюючої робочої рідини. Перевагами цього методу є висока точність оцінки стану, низька трудомісткість та можливість автоматизації. Недоліками цього методу є необхідність застосування спеціальних високочутливих електронних перетворювачів [2].

Різноманітність методів діагностики, які можуть бути використані для визначення стану гідравлічних систем технологічних машин та обладнання різного призначення, ускладнює вибір методу діагностики, який слід застосувати до конкретної технологічної машини. Для обґрунтування вибору методу

діагностики або їх сукупності для визначення технічного стану гідравлічної системи пропонується використовувати критерій сигнал/шум, запропонований Г. Тагуті.

Критерій «сигнал/шум» – це відношення або величина, утворена перетворенням даних відгуку, представлених у логарифмічному вигляді для надання даних адитивності [3]. Відношення «сигнал/шум» дозволяє проводити порівняння різних альтернатив. В даному випадку, для визначення критерію сигнал/шум проводиться опитування експертів про застосування (потужності) даного методу для кожного випадку, що розглядається. Оцінка експерта – це відгук (y_i), а факторами (x_j), які впливають на оцінку експерта (відгук), є методи діагностики гідравлічних систем. Чим більша величина відношення «сигнал/шум», тим кращим є метод діагностики для заданих умов експлуатації гідрофікованої машини.

Основними критеріями, якими керуються при виборі того чи іншого методу діагностики гідравлічних систем, є:

- 1) інформативність та точність результатів діагностики;
- 2) можливість діагностики без зупинки роботи гідравлічного обладнання та його розбирання;
- 3) трудомісткість виконання діагностичних процедур;
- 4) необхідність застосування спеціальних технічних засобів діагностики;
- 5) можливість автоматизації процесу діагностування.

Для оцінки методів діагностики гідравлічних систем за кожним критерієм можна використовувати бланк у форматі таблиці 1. Експерт на основі вивчення теоретичних матеріалів та прикладів практичного використання методів діагностики гідравлічних систем виставляє бали кожному методу (2 бали – повна відповідність критерію; 1 бал – часткова відповідність; 0 балів – невідповідність критерію). Потім оцінки експертної групи систематизуються для розрахунків критерію сигнал/шум [4].

Експертна група включає сім експертів, що являють собою фахівців у галузі проектування, діагностики, обслуговування та експлуатації гідрофікованого технологічного обладнання. Дана кількість експертів є оптимальною, оскільки при меншій кількості експертів оцінка кожного з них надмірно впливає на підсумкову оцінку, а велика кількість експертів ускладнює формування узгодженої думки. Рекомендована кількість експертів при кваліметричній оцінці технічного об'єкта – від 6 до 15 [1, 4].

Величина критерію «сигнал/шум» $C / Ш$ розраховується за формулою:

$$\frac{C}{Ш} = 10 \log \left(\frac{\bar{y}}{D} \right)^2,$$

де \bar{y} – математичне очікування оцінки експерта; D – дисперсія.

Дисперсія визначається за формулою:

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \bar{y} \right)^2,$$

де y_i – оцінка i -го експерта; n – кількість експертів.

На основі наведених вище критеріїв і самого способу оцінки була проведена експертна оцінка застосування того чи іншого методу технічної діагностики для визначення технічного стану гідравлічної системи в процесі експлуатації. Результати оцінки, і розрахунок критерію «сигнал/шум» кожного методу діагностики представлені у таблицях 1 і 2 відповідно.

Таблиця 1

Матриця експертів з оцінки інформативності методів технічної діагностики гідравлічних систем

Метод діагностики	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Експерт 4	Експерт 5	Експерт 6	Експерт 7
Органолептичний метод ($Q_{1.1}$)	02220	02120	02210	02220	02120	01220	02210
Часовий метод ($Q_{1.2}$)	12112	12212	12211	12112	12221	12212	12112
Статопараметричний метод ($Q_{1.3}$)	21111	21110	20121	20111	21111	20012	21110
Силовий метод ($Q_{1.4}$)	12102	12111	12202	12101	11211	12112	12111
Метод еталонних модулів ($Q_{1.5}$)	11111	10211	11020	10120	11111	12010	11101
Метод еталонних залежностей ($Q_{1.6}$)	21011	22000	22010	21100	20200	21101	21001
Метод діагностики за параметрами робочої рідини ($Q_{1.7}$)	22202	22112	22111	21202	22202	22202	21202
Віброакустичний метод ($Q_{1.8}$)	12212	21112	22102	12212	21202	21212	22202
Тепловий метод ($Q_{1.9}$)	12202	12212	12212	12202	12212	12202	12212

Обробка результатів експертизи за критерієм «сигнал/шум»

Метод діагностики	Оцінка експерта № (y_i)							$\sum_{i=1}^n y_i$	\bar{y}	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	β	D	С/Ш
	1	2	3	4	5	6	7						
$Q_{1.1}$	6	5	5	6	5	5	5	37	5,29	1,43	0,23	0,24	20,67
$Q_{1.2}$	7	8	7	7	8	8	7	52	7,43	1,71	0,18	0,29	22,79
$Q_{1.3}$	6	5	6	5	6	5	5	38	5,43	1,71	0,24	0,29	20,07
$Q_{1.4}$	6	6	7	5	6	7	6	43	6,14	2,86	0,28	0,48	18,95
$Q_{1.5}$	5	5	5	4	5	4	4	32	4,57	1,71	0,29	0,29	18,57
$Q_{1.6}$	5	4	5	4	4	5	4	31	4,43	1,71	0,3	0,29	18,30
$Q_{1.7}$	8	8	7	7	8	8	7	53	7,57	1,71	0,17	0,29	22,96
$Q_{1.8}$	8	7	7	8	7	8	8	53	7,57	1,71	0,17	0,29	22,96
$Q_{1.9}$	7	8	8	7	8	7	8	53	7,57	1,71	0,17	0,29	22,96

У крайніх лівих стовпцях обох таблиць наведено найменування основних методів діагностики гідравлічних систем, які можуть бути використані для аналізу визначення його технічного стану. В інших стовпцях наведено оцінки експертів відповідно до наведеної вище шкали. Узгодженість оцінок експертів перевіряється за допомогою коефіцієнта варіації β , який не повинен перевищувати 0.3.

Висновки

Таким чином, за результатами експертної оцінки найкращими методами для діагностики гідравлічних систем є: метод діагностики за параметрами робочої рідини, тимчасовий, віброакустичний та тепловий методи. Використання вибраних методів діагностики дозволить точно оцінити технічний стан гідравлічної системи та її залишковий технічний ресурс. За результатами оцінки методів діагностики гідравлічних систем технологічного обладнання різного призначення з використанням критерію «сигнал/шум» може бути сформована певна комбінація методів, яка буде оптимальна для оцінки технічного стану гідравлічної системи конкретної технологічної машини, виходячи з умов її експлуатації.

Література

1. Трушин Н.Н. Организационно-технологическая структура производственного процесса на машиностроительном предприятии: монография. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. – 230 с.
2. Королькевич, А.В. Многофункциональный гидропривод мобильных машин / А.В. Королькевич, М.И. Жилевич // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2 010. – №6. – С. 58–61 (Белоруссия).
3. Богдан Н.В., Жилевич М.И., Красневский Л.Г. Техническая диагностика гидросистем: научное издание. – Мн.: Белавтотракторостроение, 2000. – 120 с.
4. Диагностирование гидромеханических передач мобильных машин: монография / Н.Н. Горбатенко [и др.]; под общ. ред. В.П. Тарасика. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 511 с.

References

1. Trushin N.N. Organizatsionno-tehnologicheskaya struktura proizvodstvennogo protsessa na mashinostroitel'nom predpriyatii: monografiya. – Tula: Izd-vo TulGU, 2003. – 230 s.
2. Korol'kevich, A.V. Mnogofunktsional'nyy gidroprivod mobil'nykh mashin / A.V. Korol'kevich, M.I. Zhilevich // Vestnik Belorusskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta. – 2 010. – №6. – S. 58–61. (Belorussiya).
3. Bogdan N.V., Zhilevich M.I., Krasnevskiy L.G. Tekhnicheskaya diagnostika gidrosistem: nauchnoye izdaniye. – Mn.: Belavtotraktorstroyeniye, 2000. – 120 s.
4. Diagnostirovaniye gidromekhanicheskikh peredach mobil'nykh mashin: monografiya / N.N. Gorbatenko [i dr.]; pod obshch. red. V.P. Tarasika. – Mogilev: Belorus.-Ros. un-t, 2010. – 511 s.

Рецензія/Peer review : 20.11.2021 р.

Надрукована/Printed :11.01.2022 р.