

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ І СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Аулін В.В., к.ф.-м. наук, проф., Гриньків А.В., асп.  
Кіровоградський національний технічний університет

*Побудована діагностична модель стану МСГТ у вигляді графу взаємозв'язку структурних параметрів з певними рівнями. Розглядається взаємозалежність технічного стану агрегатів і діагностичних систем. За кількісну оцінку діагностичної інформації взято різницю між повною і залишковою інформаційними ентропіями. За основу вибору діагностичних параметрів взято такі критерії, як повнота контролю і швидкість отримання інформації.*

**Ключові слова:** *Діагностична модель, інформаційна ентропія, кількість інформації, критерій інформативності.*

**Постановка проблеми.** МСГТ – це технічно складні системи, що потребують постійного підтримання їх експлуатаційної надійності за рахунок технічного обслуговування (ТО). Кожні ТО потребують обґрунтування їх проведення. Важливою системою для техніко-економічного підтвердження ефективного впровадження різних стратегій ТО є системи діагностики. Обробка баз даних діагностичних моделей є однією з головних проблем узагальнення сукупності діагностичних параметрів для постановки якісного діагнозу і встановлення можливостей подальшого прогнозування технічного стану, ґрунтуючись на узагальненій кількісній оцінці діагностичній інформації.

**Аналіз останніх досліджень.** Використання методів і систем діагностики дозволяє виявити відмови, а також визначити технічний стан мобільної сільськогосподарської техніки (МСГТ), в тому числі і транспортні засоби (ТЗ) у сільськогосподарському виробництві (СГВ), ліквідувати помилкові і технічно непотрібні розбирання агрегатів, прогнозувати залишковий ресурс окремих вузлів і всієї системи в цілому, підтримувати тим самим надійність техніки в певних межах. Сучасні методи діагностування МСГТ базуються на відомих роботах Н.Я.Говорущенка [1], А.А.Биргера [2], В.М.Міхліна [3], Л.В.Мірошнікова, А.В.Серова [4], О.А.Лудченка [5] та ін.

Теоретичні основи з використанням інформаційної теорії розглянуто в роботі К.Шенона [6], теоретичні основи з використанням інформаційної ентропії, на прикладі діагностики літальних апаратів, розглядав О.Ф.Машошін. [7].

**Мета роботи** є удосконалення методу діагностування при підвищенні та забезпеченні експлуатаційної надійності МСГТ, з врахуванням невизначеності технічного стану, на основі інформаційної ентропії систем та агрегатів МСГТ та теоретично обґрунтувати методу визначення кількості інформації певного діагностичного параметру.

**Виклад основного матеріалу.** Виходячи з поставленої мети, діагностична модель повинна забезпечувати отримання інформаційних характеристик діагностичних параметрів, на основі яких будуються раціональні алгоритми діагностування і виконується вибір методів і засобів визначення технічного стану МСГТ, її систем і агрегатів. Визначення інформаційних характеристик діагностичної моделі є важливим фактором у визначенні діагнозу і технічного стану. З теорії інформації відомо, що оцінка інформації може здійснюватись по трьом напрямкам: структурному, статистичному, семантичному [3]. При використанні статистичної теорії інформації, яка, керуючись поняттям ентропії як мірою невизначеності, дозволяє отримувати її кількісну оцінку. Розрахунок інформаційних характеристик пропонується проводити за допомогою діагностичної моделі, яка складається із двох залежних систем структурних параметрів  $X$  і  $Y$  (рис.1).

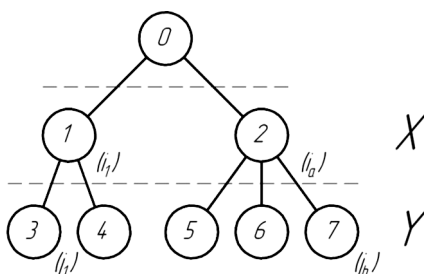


Рис. 1. Діагностична модель: 0 - вузол (об'єкт діагностування); 1,2 - структурні параметри, які є проміжними вузлами графа і належать до системи  $X$ ; 3-7 - структурні параметри, які належать до системи  $Y$  (діагностичні).

Встановлення зв'язку між системами  $X$  і  $Y$  вимагає використання повної умовної інформаційної ентропії системи  $Y$  з врахуванням, що система  $X$  може приймати різні стани[8]:

$$H(Y / X) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b p_i (P(y_j / x_i) \log_2 P(y_j / x_i)), \quad (1)$$

де  $i$  - порядковий номер стану системи  $X$  (для моделі відхилення від норми  $i$ -го структурного параметру);  $j$  - порядковий номер стану системи  $Y$  (відхилення від норми  $j$ -го діагностичного параметру);

$p_i$  - ймовірність  $i$ -го стану системи  $X$ ;  $P(y_j/x_i)$  - умовна ймовірність того, що система  $Y$  прийме стан  $y_j$  при умові, що система  $X$  знаходиться в стані  $x_i$ .

Для конкретних значень порядкових номерів  $i$ -го та  $j$ -го може бути визначена умовна та інформаційна ентропія відповідних структурних параметрів:

$$H(y_j / x_i) = -p_i P(y_j / x_i) \log_2 P(y_j / x_i). \quad (2)$$

Згідно теореми множення ймовірностей, маємо:

$$p_i \cdot P(y_j / x_i) = p_{ij}, \quad (3)$$

де  $p_{ij}$  – безвідмовна ймовірність настання  $j$ -го стану системи  $Y$  в її групі системи  $X$ . Звідки отримуємо:

$$P(y_j / x_i) = \frac{p_{ij}}{p_i}. \quad (4)$$

Підставивши формулу (4) у (2), отримуємо вираз для умовної інформаційної ентропії:

$$H(y_j / x_i) = -\left(p_i \cdot \frac{p_{ij}}{p_i}\right) \log_2 \frac{p_{ij}}{p_i}. \quad (5)$$

За теоремою додавання ймовірностей настання  $i$ -го стану системи  $X$  дорівнює сумі ймовірностей  $j$ -х діагностичних параметрів, які утворюють  $i$ -у групу:

$$p_i = \sum_{j=1}^l p_{ij}, \quad (6)$$

де  $l$  – число  $j$ -х діагностичних параметрів, які утворюють групу  $i$ -го вузла.

Після підстановки формули (6) в (5), отримуємо:

$$H(y_j / x_i) = -p_{ij} \log_2 \frac{p_{ij}}{\sum_{j=1}^l p_{ij}}. \quad (7)$$

Для моделі з будь-яким рівнем ієрархії інформаційна ентропія (невизначеність стану)  $n$ -го елемента, який знаходиться на  $z$ -му рівні, може бути визначена з виразу:

$$H_n = -p_n \log_2 \frac{p_n}{\sum_{n=1}^{k+n} p_n}, \quad (8)$$

де  $p_n$  – безумовна ймовірність настання  $n$ -го стану системи;  $k$  – кількість елементів (включаючи  $n$ -й) рівня  $z$ , утворюючих групу вищестоячого, залежного від їх елементів  $(z-1)$  рівня.

З врахуванням прийнятих вище обмежень для елементів основного рівня маємо:

$$p_n = \frac{1}{m}, \quad (9)$$

де  $m$  – число елементів останнього рівня.

Повна невизначеність всієї системи, може бути оцінена за виразом інформаційної ентропії:

$$H_{\Pi} = \log_2 \frac{1}{m}, \quad (10)$$

яка розподілена по всім елементам моделі, що розташовані на її відповідних рівнях. Виходячи з цього, повну невизначеність можна подати у вигляді:

$$H_{\Pi} = \sum_{n=1}^N H_n = \sum_{z=1}^Z H_z, \quad (11)$$

де  $N$  – число всіх елементів моделі,  $H_z$  – сумарна невизначеність елементів, які знаходяться на  $z$  – рівні;  $Z$  – число ієрархічних рівнів моделі.

Відомо, що кількість інформації, яка отримується в процесі діагностування дорівнює величині зменшення невизначеності стану системи в результаті визначення фактичного стану  $n$ -го елемента або групи елементів.

$$I_{\Pi} = H_{\Pi} - H_{\text{зал.}}, \quad (12)$$

де  $H_{\text{зал.}}$  – залишкова невизначеність системи, за інформаційною ентропією, після того, як стало відомо стан  $n$ -го елемента. При  $H_{\text{зал.}} \Rightarrow 0$ , маємо  $I_{\Pi} = H_{\Pi}$ .

Ефективне виявлення невизначеності структурної групи структурних параметрів можливо лише при наявності набору діагностичних параметрів [9], у відповідності до алгоритму їх формування. В цьому випадку вибір раціональних діагностичних параметрів може бути здійснено шляхом порівняння їх інформативних характеристик. При цьому кількісною мірою інформації може слугувати невизначеність структурного параметру, яка передує діагностуванню об'єкту по даному параметру. Маючи кількісне значення інформативності для вибору діагностичних параметрів можна використати різні інформативні критерії, одними з найголовніших є: повнота контролю по  $i$ -му діагностичному параметру, швидкість отримання інформації, повнота контролю по  $i$ -му діагностичному параметру на кожному ієрархічному рівні.

Повнота контролю по  $i$ -му діагностичному параметру оцінюється за формулою:

$$\Pi_i = \frac{I_i}{H_{II}}, \quad (13)$$

де  $H_{II}$  – повна невизначеність системи за інформаційною ентропією;  
 $I_i$  – інформативність  $i$ -го діагностичного параметру.

Швидкість отримання інформації дорівнює:

$$W_i = \frac{I_i}{t_i}, \quad (14)$$

де  $I_i$  – кількість інформації, отриманої за допомогою  $i$ -го діагностичного параметру;  $t$  – час отримання інформації.

Повнота контролю по  $i$ -му діагностичному параметру на  $z$ -му ієрархічному рівні:

$$\Pi_{i,z} = \frac{I_{i,z}}{H_z}, \quad (15)$$

де  $I_{i,z}$  – інформативність  $i$ -го діагностичного параметра на  $z$ -м рівні;  
 $H_z$  – невизначеність  $z$ -го рівня за інформаційною ентропією.

### Висновки

1. Виявлено, що запропоновано діагностична модель формується графом взаємно-залежних систем технічного стану  $X$  та їх діагностичних параметрів  $Y$ .
2. Встановлено, за допомогою інформаційної ентропії можна проводити оцінку визначення технічного стану МСГТ.
3. Визначено, що критерії оцінки діагностичного параметру необхідно розглядати як кількості інформації і повної ентропії, і при цьому враховувати швидкість отримання діагностичної інформації, що необхідно для оптимального вибору діагностичних параметрів, на основі яких можливо використовувати прогнозну інформацію при впровадженні різних стратегій технічного обслуговування і ремонту.

### Список використаних джерел

1. Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей./ Н.Я.Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970 – 250с.
2. Биргер И.А. Техническая диагностика/ Биргер И.А. – М.: Машиностроение, 1978 -240с.
3. Михлин В.М. Прогнозирования технического состояния машин/ В.М.Михлин – М.: Колос, 1976 – 286с.
4. Серов А.В. Теория управления техническим состоянием транспортных машин в лесозаготовительных предприятиях./А.В.Серов – Автореф. дисс. доктора техн. наук. – Москва 1974 – 55с.
5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів, організація і управління/ О.А.Лудченко. – К.: Знання, 2004. – 478с.

6. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. Под ред. Р.Л.Добрушина, О.Б.Лупанова. – М.: Изд-во иностр. литер., 1963 - 839с.
7. Машошин О.Ф. Диагностика авиационной техники. /О.Ф.Машошин. – М.: МГТУ ГА. - 2007. – 141с.
8. Венцель Е.С. Теория вероятностей/ Е.С. Венцель. – М.: Наука, 1969 – 576с.
9. Аулін В.В. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки/ В.В.Аулін, А.В.Гриньків, С.В.Лисенко та ін.// Вісник ХНТУСГ ім.Петра Василенка. – Вип.158./Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків, 2015. – С.252-262

## **Аннотация**

### **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА И СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**Аулин В.В., к.ф.-м. наук, проф., Гринькив А.В., асп.**

*Построена диагностическая модель состояния МСГТ в виде графа взаимосвязи структурных параметров с определенными уровнями. Рассматривается взаимозависимость технического состояния агрегатов и диагностических систем. По количественную оценку диагностической информации взято разницу между полной и остаточной информационными энтропиями. За основу выбора диагностических параметров взяты такие критерии, как полнота контроля и скорость получения информации.*

## **Abstract**

### **THEORETICAL SUBSTANTIATION METHOD AND SYSTEM DIAGNOSTICS OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINERY**

**Aulin VV, Hrynkiw AV,**

*Built diagnostic model MAM status as a graph of the relationship of structural parameters of a certain level. We consider the interdependence of technical condition units and diagnostic systems. For a quantitative assessment of diagnostic information taken distinction between full and residual information entropy. It is based on the choice of diagnostic parameters taken criteria such as completeness and speed control for information.*