

УДК 631.31:64

## **АНАЛІТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИНАМІЧНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*Д. Калініченко, аспірант*

*І. Роговський, канд. техн. наук*

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*Нашими дослідженнями встановлено, що причинно-наслідкова модель піддається вельми ефективному аналізу із застосуванням ряду кількісних характеристик. Для цього ми використовували насамперед аналогію технічної системи, якою є зернозбиральних комбайн, зі структурою вимірювальних приладів, проводячи аналіз причин, які впливають на точність їхніх показань для встановлення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану.*

*Зв'язок між параметром-причиною і параметром-наслідком може бути описаний як аналітичною, так і емпіричною залежністю. При цьому, якщо параметр є наслідком декількох параметрів-причин, то залежність з кожним з них описується в припущенні сталості, інших параметрів-причин.*

*Між зміною параметра нижнього рівня і зміною часу також існує певна залежність, яка може бути охарактеризована передавальним коефіцієнтом. Цей передавальний коефіцієнт відображає динаміку зміни параметра технічного стану зернозбирального комбайна в часі. Він являє собою відношення приросту зміни параметра до приросту часу. На відміну від звичайного передавального коефіцієнта це відношення названо нами коефіцієнтом динамічності параметра.*

*У статті встановлено, що кожен з параметрів, які входять в причинно-наслідкову модель механізму, повинен мати свій коефіцієнт динамічності, оскільки в зміну якогось параметра вносить свою частку і параметр-причина, що має безпосередній зв'язок з параметром часу, що служить для визначення коефіцієнта динамічності деякого параметра технічного стану зернозбирального комбайна.*

**Ключові слова:** *динамічність, коефіцієнт, комбайн, параметр, технічний стан.*

**Постановка проблеми.** Стан елементів механізмів зернозбиральних комбайнів (далі – машин) змінюється в процесі експлуатації в тісному взаємозв'язку одного з одним. Незважаючи на те, що цей процес схильний до впливу ряду випадкових факторів, взаємозв'язок між зміною стану окремих

механізмів або агрегатів може бути описаний причинно-наслідковими зв'язками, які утворюють причинно-наслідкову модель технічної системи, і піддається кількісній оцінці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для того, щоб надалі не відбувалося термінологічної плутанини, коротко зупинимося на деяких термінах, використовуваних нами під час проведення діагностичного аналізу зернозбирального комбайна [1].

Під станом механізму ми розуміємо якісну оцінку здатності об'єкта (вузла, механізму чи агрегата зернозбирального комбайна) виконувати задані функції під час конструювання функції. Властивість зернозбирального комбайна, яка визначає його здатність виконувати задані функції, отримало назву параметра стану. Якщо за загальну оцінку технічного стану зернозбирального комбайна прийняти його основний вихідний сигнал, то на його величину безпосередньо або побічно будуть впливати активні параметри стану [2]. Однак у кожному механізмі зернозбирального комбайна є група параметрів стану, які не роблять впливу на величину основного вихідного сигналу, і в той же час визначають працездатність окремих вузлів зернозбирального комбайна. Такі параметри отримали найменування пасивних. Як активні, так і пасивні параметри стану зернозбирального комбайна, можуть бути регульованими і визначати характер свого впливу на технічний стан зернозбирального комбайна. Для цього використовуються діагностичні сигнали, які виникають у процесі роботи механізму зернозбирального комбайна і сприймаються спеціальною вимірною апаратурою [3].

Приставаючи до діагностичного аналізу зернозбирального комбайна, необхідно насамперед визначити його основний вихідний сигнал [4, 5]. Для комбайнового двигуна, наприклад, таким сигналом є ефективна потужність, для будь-якого насоса основним вихідним сигналом є його продуктивність (за певних умов) і т. д. Наступним кроком є визначення причин, які безпосередньо впливають на величину основного вихідного сигналу. Вимога безпосередності впливу є обов'язковою. Якщо ми хочемо отримати коректне уявлення про сукупність причин, що впливають на величину основного вихідного сигналу механізму зернозбирального комбайна. Обґрунтованому визначенню причин часто сприяє наявна аналітична залежність основного вихідного сигналу від величини параметрів-причин. Якщо такої залежності немає, то параметри-причини встановлюються емпіричним шляхом.

**Мета статті** – сформулювати обґрунтованість аналітичних положень визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Встановлені параметри-причини зміни параметрів технічного стану зернозбирального комбайну, самі є наслідком дії ряду інших причин. Під час їх визначення також обов'язковим є принцип безпосередності. Продовжуючи подібну деталізацію причин і

наслідків, можна досягти будь-якого рівня причин. Якщо причини і наслідки встановлені адекватно, тобто враховані всі зв'язки причин і наслідків, то в результаті ми отримуємо причинно-наслідкову модель механізму зміни параметрів технічного стану зернозбирального комбайну. Для практичних цілей діагностики зернозбирального комбайну виявляється цілком достатнім на нижньому рівні причин обмежитися зовнішніми умовами, в яких працює та чи інша ланка механізму. Цей рівень причин нами умовно узагальнюється поняттям «наробіток», хоча конкретно на цьому рівні можуть бути такі причини як величина прикладеного навантаження, пройдений шлях, температура, вологість, тиск, запиленість повітря і т.п. Однак, оскільки ці причини є зовнішніми стосовно розглянутого механізму, вони об'єднуються зазначеним поняттям «час». Далі буде показана ефективність цього прийому для отримання результатів причинно-наслідкового аналізу.

Розглядаючи питання причинно-наслідкового аналізу механізмів, не можна не згадати про те, що перші практичні спроби такого підходу до опису процесу зміни стану механізмів зроблені ще Я. Я. Осіс і З. П. Марковичем щодо гальмівної системи автомобіля з гідравлічним приводом. Аналогічну методику застосували А. Р. Авогін, П. М. Кевіш, Д. С. Христинка і Ю. Н. Смирнов під час побудови функціональної моделі карбюраторного двигуна внутрішнього згоряння. Як вказували самі автори, отримані граф-моделі систем служили більше ілюстрацією, ніж інструментом дослідження кількісних показників зв'язків причин і наслідків.

Почавши наші дослідження приблизно з такого ж рівня, ми потім виявили, що причинно-наслідкова модель піддається вельми ефективному аналізу із застосуванням ряду кількісних характеристик параметрів технічного стану зернозбирального комбайна. Для цього ми використовували насамперед аналогію цієї технічної системи зі структурою вимірювальних приладів, проводячи аналіз причин, які впливають на точність їхніх показань.

Зв'язок між параметром-причиною і параметром-наслідком може бути описаний як аналітичною, так і емпіричною залежністю. При цьому, якщо параметр є наслідком декількох параметрів-причин, то залежність з кожним з них описується в припущенні сталості інших параметрів-причин. Зазначені залежності визначаються лише між параметрами сусідніх рівнів (принцип безпосередності). У загальному вигляді ці залежності можуть бути представлені як  $P_{ci}^N$  ( $P_{nj}^{N+1}$ ), де  $N$  – номер рівня,  $i, j$  – номери параметрів на відповідному рівні. Індексами « $n$ » і « $c$ » позначені причина і наслідок.

Скориставшись термінологією структурного аналізу механізмів зміни параметрів технічного стану зернозбирального комбайна, введемо поняття передавального коефіцієнта  $S$ , що представляє собою границя відношення приросту параметра-слідства до приросту параметра-причини, коли останнє прагне до нуля:

$$S_{ji} = \lim_{\Delta P_{ij}^{N+1} \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta P_{ci}^N}{\Delta P_{ij}^{N+1}} \right). \quad (1)$$

Ця формула дає можливість відмітити, що передавальний коефіцієнт  $S$  може бути як безрозмірним у випадку, якщо порівнюються величини з однаковими розмірностями, так і розмірним, якщо розмірності  $P_{II}$  і  $P_C$  різні. Надалі буде показано, що на кінцевому результаті розрахунку ця особливість не відбивається. Якщо залежність  $P_C$  ( $P_{II}$ ) нелінійна, то очевидно, що величина  $S$  не матиме постійного значення на всьому діапазоні зміни  $P_{II}$ . Для спрощення практичного розрахунку таку залежність можна апроксимувати прямою із застосуванням, наприклад, методу найменших квадратів. При цьому, природно, з'являється деяка похибка, величина якої застосована на всьому діапазоні зміни  $P_{II}$ . З огляду на те, що величини  $P_{II}$  і  $P_C$ , як правило, змінюються лише на невеликій ділянці можливого діапазону змін, апроксимацію прямої можна здійснювати лише для цієї ділянки, що значно знижує помилку апроксимації. Залежність  $P_C$  ( $P_{II}$ ) може бути як пряма, так і обернена. В останньому випадку коефіцієнт  $S$  матиме знак мінус, який свідчить про те, що зі збільшенням параметра–причини відбувається зменшення параметра–наслідку.

Передавальний коефіцієнт  $S$  служить допоміжним засобом для визначення ряду інших кількісних зв'язків між параметрами технічного стану зернозбирального комбайна. Характерно, що для всіх зв'язків, крім зв'язку з причиною нарботок, імовірнісна складова у величині передавального коефіцієнта досить незначна (за винятком помилок вимірювальних приладів, присутніх в емпіричних зв'язках).

Між зміною параметра нижнього рівня і зміною нарботку також існує певна залежність, яка може бути охарактеризована передавальним коефіцієнтом. Цей передавальний коефіцієнт відображає динаміку зміни параметра технічного стану зернозбирального комбайна в часі. Він являє собою відношення приросту зміни параметра до приросту часу. На відміну від звичайного передавального коефіцієнта це відношення названо нами коефіцієнтом динамічності  $D$  параметра.

Очевидно, що кожен з параметрів технічного стану зернозбирального комбайну, що входять в причинно-наслідкову модель, повинен мати свій коефіцієнт динамічності, оскільки в зміну будь-якого параметра вносить свою частку і параметр-причина, що має безпосередній зв'язок з параметром нарботок, що служить для визначення коефіцієнта динамічності  $D_i$  деякого

параметра  $\Pi_{ci}$ , пов'язаного залежністю з параметром  $\Pi_{lj}$ . Впливає, що

$$\frac{d\Pi_{ci}}{d\Pi_{nj}} = \operatorname{tg}\theta, \text{ а } \frac{d\Pi_{nj}}{dt} = \operatorname{tg}\alpha, \text{ внаслідок чого } d\Pi_{ci} = \operatorname{tg}\theta \operatorname{tg}\alpha \text{ звідки:}$$

$$\frac{d\Pi_{ci}}{dt} = D_t = \operatorname{tg}\theta \operatorname{tg}\alpha = S_{ji} D_j \quad (2)$$

**Висновок.** Існують обґрунтовані аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. При цьому для визначення коефіцієнта динамічності  $i$ -го параметра  $N$ -го рівня необхідно знати передавальний коефіцієнт між  $j$ -м параметром  $(N+1)$ -го рівня і  $i$ -м параметром  $N$ -го рівня, а також коефіцієнт динамічності  $j$ -го параметра  $(N+1)$ -го рівня.

### Література

1. Rogovskii I. L. Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines / I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 241. – С. 387–395.

2. Rogovskii I. L. Analyticity of spatial requirements for maintenance of agricultural machinery / I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 251. – С. 400–407.

3. Rogovskii I. L. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment / I. L. Rogovskii // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2016. – Вип. 254. – С. 424–431.

4. Калініченко Д. Ю. Технічний засіб для перевірки прецизійних пар низького тиску паливних насосів сільськогосподарських машин / Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський // Збірник тез доповідей Міжнародної наукової конференції “Earth Bioresources and Environmental Biosafety: Challenges and Opportunities” (4-8 листопада 2013 року). – К., 2013. – С. 57–59.

5. Калініченко Д. Ю. Пристрої для перевірки прецизійних пар паливних насосів і системи паливободачі низького тиску сільськогосподарських машин / Д. Ю. Калініченко, І. Л. Роговський // Збірник тез доповідей XIII всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (11-15 березня 2013 року). – К., 2013. – С. 121–122.

**Аннотация.** В наших исследованиях нами установлено, что причинно-следственная модель поддается весьма эффективному анализу с применением ряда количественных характеристик. В этих целях мы использовали прежде всего аналогию технической системы, которой является зерноуборочных комбайн, со структурой измерительных приборов при проведении анализа причин, влияющих на точность их показаний для установления коэффициента динамичности параметров технического состояния.

Связь между параметром-причиной и параметром-следствием может быть описана как аналитической, так и эмпирической зависимостью. При этом, если параметр является следствием нескольких параметров-причин, то зависимость с каждым из них описывается в предположении постоянства, других параметров-причин.

Между изменением параметра нижнего уровня и изменением времени также существует определенная зависимость, которая может быть охарактеризована передаточным коэффициентом. Этот передаточный коэффициент отражает динамику изменения параметра технического состояния зерноуборочного комбайна во времени. Он представляет собой отношение прироста изменения параметра к приращению времени. В отличие от обычного передаточного коэффициента это отношение названо нами коэффициентом динамичности параметра.

В статье установлено, что каждый из параметров, входящих в причинно-следственную модель механизма, должен иметь свой коэффициент динамичности, так как в изменение данного параметра вносит свою долю и параметр-причина, что имеет непосредственную связь с параметром времени, что служит для определения коэффициента динамичности некоторого параметра технического состояния зерноуборочного комбайна.

**Summary.** In our studies we found that a causal model amenable to a very effective analysis using a set of quantitative characteristics. To this end, we used primarily the analogy of the technical system, which is a combine harvester, the structure of the measuring instruments when conducting analysis of the causes affecting the accuracy of their testimony to establish the coefficient of dynamic parameters of the technical condition.

The relationship between the parameter and the cause parameter, the result can be described by both analytical and empirical dependence. If the parameter is a consequence of several parameters-the reasons, then the relationship with each of them is described in the assumption of constancy of other parameters-reasons.

Between the parameter change at the lower level and a change in the time also there is a certain correlation which can be characterized by the transfer coefficient. This transfer coefficient reflects the dynamics of the parameter of the technical state of combine harvester in time. It represents the ratio of increment of

*change of the parameter by the increment of time. In contrast to the usual transfer ratio is the ratio called the coefficient of dynamic parameter.*

*The article established that each of the parameters included in the causal model of the mechanism must have a coefficient of dynamism, as in the change of this parameter contributes its share, and-the reason that has a direct relationship with the time parameter that serves to determine the dynamic factor of some parameter of the technical state of combine harvester.*