

Міністерство
освіти і науки
України



Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві
Відділення в Любліні Польської академії наук
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

"Агроінженерія:

сучасні проблеми та перспективи розвитку"

(7–8 листопада 2019 року)

присвячена

90-й річниці з дня заснування

механіко-технологічного факультету НУБіП України



Київ – 2019

УДК 631.1.004

**МОДЕЛЬ МІНІМІЗАЦІЇ ГРУПОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ КОМПЛЕКСНОЇ
СПИТЕМП ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

Роговський І. Л.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

При розробці комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин виникає проблема обґрунтування стратегії, яка б дозволила отримати максимально можливий ефект від експлуатації машин.

Зазвичай, при постановці завдання профілактики припускають задані характеристики надійності сільськогосподарських машин: функцію розподілу часу безвідмовної роботи системи $P(x)$ або окремих її частин і функцію розподілу часу самостійного прояву відмови $\Phi(v)$ і характеристики ремонтпридатності: функції розподілу часу різних відновлювальних робіт, які можна проводити в системі. Ці характеристики, а також стратегія, відповідно до якої призначаються терміни проведення відновлювальних робіт, визначають стан системи і еволюцію цих станів у часі.

Будемо вважати, що безліч E можливих станів системи є кінцевим $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$. В такому випадку траєкторії процесу $x(t)$, що описує еволюцію станів системи в часі, є ступінчастими функціями. На траєкторіях цього випадкового процесу визначимо функціонал, який при фіксованих характеристик надійності буде характеризувати стратегію обслуговування досліджуваної системи. За кінцевий відрізок часу $[0, t]$ траєкторія процесу $x(t)$ задається кількістю переходів m , моментами переходів $t_0=0 < t_1 < t_2 \dots < t_m \leq t$ і $E_{i_0}, E_{i_1}, \dots, E_{i_m}$, в яких

процес знаходиться між моментами переходу. Тоді функціонал визначимо як математичне очікування:

$$M\{\sum_{k=0}^{m-1} c_{ik} \cdot (t_{k+1} + t_k) + c_{im} \cdot (t - t_m)\}, \quad (1)$$

де константи c_i можна трактувати як дохід, що отримується за одиницю часу перебування в стані E_i . При тривалій експлуатації ($t \rightarrow \infty$) функціонал (1) прагне до нескінченності. Слід також розглядати питомий дохід, тобто

$$I = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} M\{\sum_{k=0}^{m-1} c_{ik} \cdot (t_{k+1} + t_k) + c_{im} \cdot (t - t_m)\}, \quad (2)$$

Для регенеруючого процесу функціонал I може бути визначений як

$$I = \sum_{i=1}^n c_i \cdot k_i = \sum_{i=1}^n c_{ik} \cdot \frac{M_i}{M} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot M_i}{M}, \quad (3)$$

де k_i – відношення середнього часу M_i , проведеного в стані E_i за період регенерації, до середині тривалості цього періоду M .

Поведінка процесу $x(t)$ залежить від функції розподілу часу безвідмовної роботи системи $P(t)$. Функція розподілу часу ξ самостійного прояву відмови $\Phi(x)$ і характеристик, що визначають терміни проведення регенеруючих факторів (проведення запобіжних профілактик призначається через випадковий час η , розподілене за законом $G(x)$). Отже, від цих функцій залежать і середні тривалості M і M_i ($i = \underset{1,n}{\rightarrow}$). Вважаємо, що період регенерації починається в момент повного оновлення системи і в цей же момент призначається чергова профілактика. Досліджуваний функціонал (3) можна записати як дробово-лінійний функціонал виду

$$I = I(G, \Phi, P) = \frac{A(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dP(y)}{B(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dP(y)}. \quad (3)$$

Якщо процес $x(t)$, що описує еволюцію станів системи в часі, приймає кінцеве безліч значень і є регенеруючою, то функціонал, який характеризує якість роботи системи, має вид дробово-лінійного функціонала (4) відносно функції розподілу часу безвідмовної роботи $P(t)$, функції розподілу часу самостійного прояву відмови $\Phi(x)$ і функції розподілу $G(x)$, що визначає періодичність проведення попереджувальних профілактик.

У виразі (4) функція $A(x, v, y)$ і $B(x, v, y)$ мають сенс умовних математичних очікувань за умови виконання події $\{\xi = y, \eta = x, \zeta = v\}$. Стратегію відновлення працездатності сільськогосподарських машин слід закладати на рівні формування системи управління. Важливою проблемою також є розподіл функцій між проектною та організаційною підсистемами, з-за чого частина функцій з управління (наприклад, визначення термінів реалізації, розподіл ресурсів) залишаються прерогативою центру, що не завжди ефективно. Даний тип структури доцільно застосовувати у великих системах відновлення працездатності сільськогосподарських машин, умови реалізації яких не повністю визначені. Таким чином, у чистому вигляді жодна з існуючих структур не є ідеальною.

Нехай визначено загальний обсяг робіт за комплексною системою відновлення працездатності сільськогосподарських машин, на підставі якого розробляємо графік робіт. У загальному вигляді такий графік може бути представлений у вигляді системи, складається з об'єктів трьох видів.

Будемо використовувати теоретико-графовий опис системи: $\Sigma = (Q, U, \varepsilon)$, де Q – множина вершин, U – множина ребер, ε – відношення інцидентності, яке кожному ребру з U ставить у відповідність пару вершин з Q :

$$u \in U \Rightarrow (\exists! \langle p, q \rangle \in Q \times Q)(u \varepsilon \langle p, q \rangle). \quad (5)$$

Функції описують поведінку елементів системи і представляються набором множин: $F = \langle R, f \rangle$, де $R = (A_i)_{i \in I}$ – сімейство деяких базових множин A_i (сигналів, траєкторій, ресурсів, тобто множин, на яких задаються функції), f – множина всіх відтворень

$$\prod_{i \in I_1} A_i \rightarrow \prod_{i \in I_2} A_i, \quad I_1, I_2 \subset I \quad (6)$$

тобто, функцій, що відтворюють певні завдання реалізації комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин. Це пов'язано з витратою ресурсів. У цьому випадку необхідно враховувати зв'язки, обумовлені наявністю обмежень типу

$$\varphi_k [f_k(\prod_{i \in I} A_i)] \leq u_k. \quad (7)$$

де u_k – ліміт ресурсів, виділений для реалізації k -ої функції, φ_k – споживання ресурсів для реалізації функції f_k .

Таким чином, графік робіт – це структура, вершин якої поставлено у відповідність функції, а ребрам – базисні набори, на яких ці множини визначені. Кожна вершина характеризується обсягом споживаних ресурсів, часом виконання своїх функцій, а кожне ребро може характеризуватися, наприклад, пропускною здатністю.

Для побудови ефективної системи управління необхідно оптимізувати розподіл функцій f по вузлах системи Q . В якості цільової функції моделі розподілу функцій по вузлах можна взяти один з таких функціоналів:

- мінімізація сумарних витрат на виконання завдань;
- мінімізація сумарного часу виконання завдань;
- мінімізація максимального часу вирішення завдань.

В залежності від особливостей управління комплексною системою відновлення працездатності сільськогосподарських машин, цілочисельна оптимізаційна модель розподілу окремих завдань комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин по вузлам komponується з наведених цільових функцій і обмежень. Для формування стратегії відновлення працездатності сільськогосподарських машин і побудови ефективної структури управління комплексною системою відновлення працездатності сільськогосподарських машин необхідно виділити в групи елементи найбільш сильно пов'язані між собою і одночасно слабо пов'язані з іншими елементами. Такі групи називають комплексами робіт.

Висновок. Розглянута модель є оптимізаційною задачею і дозволяє об'єднати структурні елементи комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин у групи, оптимальні з точки мінімізації міжгрупових зв'язків. В підсумку об'єднуються два нижніх рівні ієрархічної комплексної системи відновлення працездатності сільськогосподарських машин, на чолі кожного з яких стоїть система, що управляє функціонуванням комплексу.