

УДК 631.1.004

**ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ****Роговський І.Л., к.т.н.***(Національний університет біоресурсів і природокористування України)*

В статті представлено методологічні підходи до техніко-технологічного забезпечення і відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарських машин.

Постановка проблеми. Переважна більшість складальних одиниць, механізмів, вузлів і агрегатів сільськогосподарських машин для забезпечення безвідмовності потребують застосування профілактичних заходів технічного обслуговування в розрізі регламентованих технологічних операцій з регулювання параметрів технічного стану [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поставлена проблема нинішніми дослідниками [2–5] розглядається з позицій, що величина параметра технічного стану (зазору, натягу пружини, моменту прокручування тощо) сільськогосподарської машини встановлюється рівною номінальному значенню x_0 . Зміна параметра технічного стану в процесі експлуатації сільськогосподарської машини є нестационарною випадковою функцією наробітку $x(t)$, всі реалізації якої проходять через одну невідповідну точку (x_0, t_0) . Для безвідмовної роботи необхідно, щоб жодна з реалізацій $x(t)$ не виходила за межі граничної зони значень параметра технічного стану.

Відмова, як подія, настає в тому випадку, коли реалізація випадкової функції перетинає фіксований рівень x_1 (границя поля допуску). На рис. 1 приводиться відомий характерний вид еволюції параметра технічного стану в період між двома регламентованими регулюваннями.

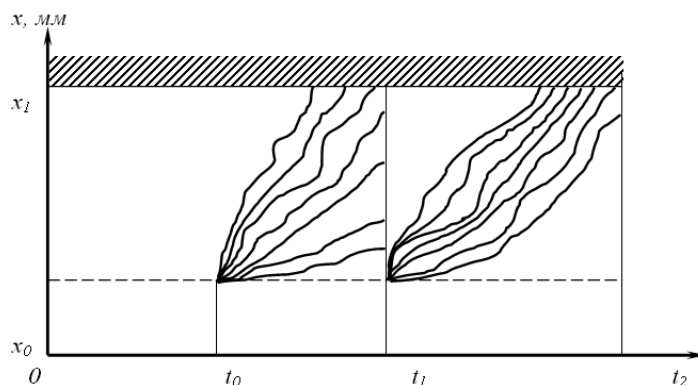


Рисунок 1 – Динаміка зміни параметра технічного стану в період між двома регламентованими регулюваннями

Мета роботи – виконати експериментальні дослідження зі встановлення методологічних підходів до техніко-технологічного забезпечення і відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарських машин.

Результати досліджень. При лінеаризації процесу розрегулювання випадкова функція $x(t)$ апроксимується лінійною випадковою функцією виду $x(t) = x_0 + a \cdot t$ (де a – випадкова швидкість розрегулювання). Для побудови апроксимуючої функції достатньо виміряти значення параметрів технічного стану сільськогосподарських машин з кількістю об'єктів 21 за планом *NUR* в один з регламентованих моментів наробітку, якщо відомий наробіток і величина параметра технічного стану попереднього регулювання.

На рис. 2, як приклад, представлено фрагмент лінійної реалізації процесу зміни параметра технічного стану (зазору між стержнем клапана і бойком коромисла), який отримано в результаті дискретного контролю технічного стану механізмів газорозподілу дизельних двигунів зернозбирального комбайна “Славутич” через регламентований в 60 га наробіток.

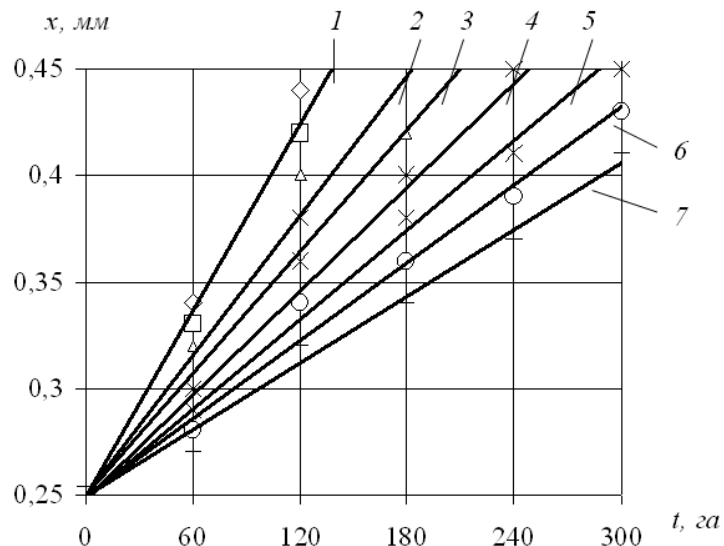


Рисунок 2 – Фрагмент лінійної реалізації динаміки зміни зазору між стержнем клапана і бойком коромисла механізму газорозподілу двигунів семи (1, 2, ...7) зернозбиральних комбайнів “Славутич” за сезон експлуатації

Номінальне значення $x_0 = 0,25$ мм; граничне значення, регламентоване заводськими технічними умовами, $x_1 = 0,45$ мм. Як відомо, характеристики лінійного випадкового процесу можуть бути знайдені, якщо відомі статистичні дані про значення параметрів не менш, ніж у два моменти наробітку t_i і t_{i+1} [8].

Тоді математичне очікування коефіцієнта a буде $m_a = \frac{m_x(t_{i+1}) - m_x(t_i)}{t_{i+1} - t_i}$, а середнє

квадратичне відхилення $\sigma_a = \frac{\sigma_x(t)}{t}$.

Математичне очікування лінійної випадкової функції $m_x(t) = x_0 + m_a \cdot t$. Розподіл випадкового коефіцієнта a в залежності від початкового стану об'єкта й умов експлуатації може набувати різного виду, тому що цей коефіцієнт є сумою великої кількості доданків, кожне з яких є компонентом швидкості розрегулювання, і виникає під впливом одного фізичного процесу. Тому всі доданки мають приблизно однаковий порядок.

Отже, можемо прийняти гіпотезу про нормальність розподілу. Тоді щільність цього розподілу описується відомим виразом:

$$f(a) = \frac{1}{\sigma_a \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(a - m_a)^2}{2\sigma_a^2} \right]. \quad (1)$$

При фіксованій границі поля допуску, точки перетину процесу $x(t)$ з горизонталлю $x = const$ відповідають моментам наробітку на відмову. Тому випадковий наробіток досягнення границі безвідмовної роботи має вид $t = \frac{x_1 - x_2}{a}$. Задача зводиться до дослідження розподілу функції одного випадкового аргументу, розподіленого за нормальним законом.

Використовуючи відоме з теорії імовірностей співвідношення:

$$f(t) = \varphi[\psi(t)] \cdot |\psi'(t)|, \quad (2)$$

де $\psi(t)$ – функція, зворотна функції $f(t)$:

$$\psi(t) = \frac{x_1 - x_0}{t}, \quad (3)$$

$|\psi'(t)|$ – модуль похідної функції $\psi(t)$:

$$|\psi'(t)| = \frac{x_1 - x_0}{t^2}. \quad (4)$$

Після підстановки виразів (1), (3), (4) у (2) одержимо диференціальну функцію щільності розподілу безвідмовної роботи вузла сільськогосподарської машини:

$$f(t) = \frac{x_1 - x_0}{\sigma_a \cdot t^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left\{ -\frac{[(x_1 - x_0) - m_a \cdot t]^2}{2 \cdot \sigma_a^2 \cdot t^2} \right\}. \quad (5)$$

Якщо позначити $\beta = \frac{x_1 - x_0}{\sigma_a}$, $\delta = \frac{m_a}{\sigma_a}$, то отримаємо розподіл:

$$f(t) = \frac{\beta}{t^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\beta}{t} - \delta \right)^2 \right]. \quad (6)$$

Імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ знайдемо як імовірність того, що за наробіток t процес $x(t)$ не досягне критичного рівня x_1 , а саме $P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$.

Інтенсивність відмов $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$.

Розглянемо конкретний приклад застосування – оцінка параметрів безвідмовності газорозподільного механізму зернозбирального комбайна “Славутич”. Вихідними статистичними даними слугують значення зазорів між стержнем клапана і бойком коромисла, заміряні через 60 га після попереднього регулювання. За емпіричними даними контролю зазорів обчислюємо величини математичного очікування і середнього квадратичного відхилення параметра x :

$m_x^* = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i = 0,31$ мм і $\sigma_x^* = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - m_x^*)^2} = 0,02$ мм (де x_i – значення зазору i -го механізму; n – кількість механізмів, що знаходяться під спостереженням).

За попередньо наведеними виразами визначаємо математичне очікування і середнє квадратичне відхилення швидкості розрегулювання:

$$m_0^* = \frac{m_x^* - x_0}{t} = \frac{0,31 - 0,25}{60} = 0,001 \text{ мм/га і } \sigma_a^* = \frac{\sigma_x^*}{t} = \frac{0,02}{60} = 0,0003 \text{ мм/га.}$$

Обчислюємо значення d і β за попередньо наведеними виразами припущення:

$$d = \frac{m_\alpha^*}{\sigma_\alpha^*} = \frac{0,001}{0,0003} = 3,3; \text{ і } \beta = \frac{x_1 - x_0}{\sigma_a^*} = \frac{0,45 - 0,25}{0,0003} = 665 \text{ га.}$$

Підставивши отримані значення у вираз (6), отримаємо:

$$f(t) = \frac{665}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot t^2}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{665}{t} - 3,3 \right)^2 \right]. \quad (7)$$

Імовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = 1 - \int_0^t \frac{665}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot t^2}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{665}{t} - 3,3 \right)^2 \right] dt. \quad (8)$$

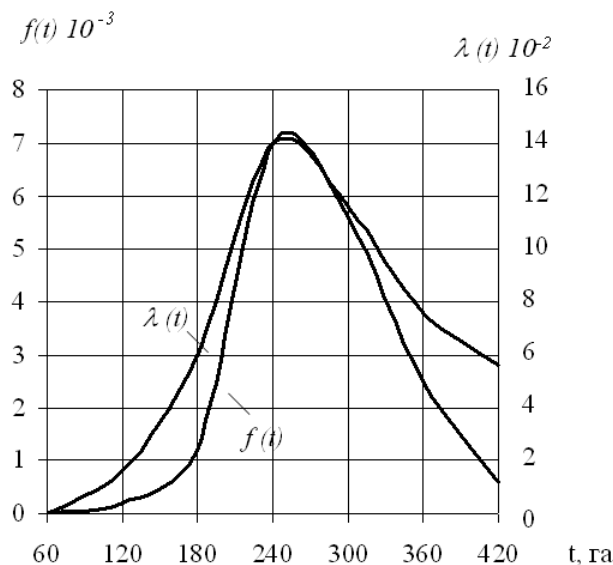


Рисунок 3 – Щільність розподілу безвідмовної роботи $f(t)$ і інтенсивність $\lambda(t)$ зміни зазору між стержнем клапана і бойком коромисла механізму газорозподілу дизельних двигунів зернозбиральних комбайнів “Славутич” за сезон експлуатації

Інтенсивність відмов:

$$\lambda(t) = \frac{\frac{665}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot t^2}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{665}{t} - 3,3\right)^2\right]}{1 - \int_0^t \frac{665}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot t^2}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{665}{t} - 3,3\right)^2\right] dt} \quad (9)$$

На рис. 3 показані графіки характеристик безвідмовності механізмів газорозподілу, розраховані за виразами (7) і (9), з яких видно, що при $t \approx 172$ га різко зростає щільність імовірності, тобто частота відмов, а при $t = 254$ га щільність імовірності досягає максимуму. Цей наробіток в 172 га і регламентує періодичність регулювань. Значення t добре підпорядковане значенню періодичності, яке отримано в результаті виробничого експерименту. На рис. 4 показаний графік імовірності безвідмовності, розрахований за формулою (8).

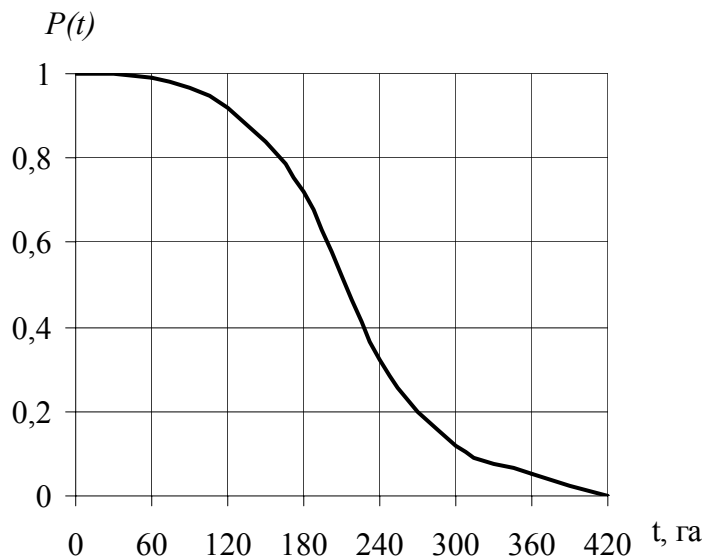


Рисунок 4 – Ймовірність безвідмовної роботи механізму газорозподілу дизельних двигунів зернозбиральних комбайнів “Славутич” за сезон експлуатації за параметром зміни зазору між стержнем клапана і бойком коромисла

Висновок. На підставі результатів експериментальних досліджень випадкового процесу розрегулювання можемо констатувати, що регламентована періодичність проведення технологічної операції з регулювання зазору між стержнем клапана і бойком коромисла механізму газорозподілу дизельних двигунів СМД-31.16 зернозбиральних комбайнів “Славутич” повинна бути не більше, ніж через 172 га.

Список літератури

1. Бойко А.И. Математическая формализация описания состояний и переходов пассивно резервируемых технических систем / А.И. Бойко,

А.В. Бондаренко, В.Н. Савченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Х., 2013. – Вип. 133. – С. 216–220.

2. *Бойко А.І.* Аналіз системних методів розрахунку надійності машин та обладнання / А.І. Бойко, А.В. Новицький, В.І. Мельник, З.В. Ружило, С.С. Карабиньш // Вісник ХДТУСГ. – Х., 2003. – Вип. 15. – С. 129–134.

3. *Большаков В.Н.* Інженерний моніторинг в межах правового регулювання інноваційної політики АПК України у використанні біоресурсів / В.Н. Большаков, І.Л. Роговський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 1. – С. 387–393.

4. *Роговський І.Л.* Стохастичність забезпечення працездатності сільськогосподарських машин / І.Л. Роговський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 226–232.

5. *Роговський І.* Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин / Иван Роговский // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2014. – Том 16, №3. – Р. 296–302.

Аннотация

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Роговский И.Л.

В статье представлены методологические подходы к технико-технологическому обеспечению и восстановлению работоспособности сборочных единиц сельскохозяйственных машин.

Abstract

RENOVATION OF ASSEMBLY UNITS OF AGRICULTURAL MACHINES

I. Rogovskii

The paper presents the methodological approaches to the technical and technological support and recovery efficiency of assembly units of agricultural machinery.