

УДК 630.171.075.3

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ЗА ДИНАМІКОЮ
ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

Бистрий О.М., інж.,
Роговський І.Л., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Тел.: (044) 527-88-95

Анотація – в статті представлено результати аналітичних положень опису методики визначення ресурсу за динамікою зношування деталей зернозбиральних комбайнів.

Ключові слова – деталь, зношування, наробіток, комбайн, спрацювання, ресурс.

Постановка проблеми. Розподіл ресурсу поверхні, що зношується, її середній і γ -відсотковий показники необхідно визначати за динамікою зношування при спрацюванні, яка рівна граничному значенню $U=U_{гр}$. Якщо деталь має одну поверхню, що зношується, то ресурс деталі рівний ресурсу поверхні.

В загальному випадку деталь має декілька поверхонь, що зношуються.

Аналіз останніх досліджень. Початкові дані про результати обстеження деталей, що мають, декілька поверхонь, які зношуються, рекомендується представити у вигляді [1]

$$(\tau_1, u_{11}, u_{12}, \dots, u_{1k}), \dots, (\tau_N, u_{N1}, \dots, u_{Nk}),$$

де τ_i – наробіток i -ої деталі;

u_{ij} – спрацювання j -ої поверхні i -ої деталі;

k – кількість поверхонь;

N – об'єм вибірки.

Для визначення довговічності таких деталей застосовується узагальнене спрацювання деталі \tilde{U} , яке рівне найбільшому із спрацювань її поверхонь, що вимірюється в частках свого граничного спрацювання [2]

$$\tilde{U}_i = \max(u_{i1}/U_{гр1}, u_{i2}/U_{гр2}, \dots, u_{ik}/U_{грk}),$$

де $U_{гр1}, U_{грk}$, - граничні спрацювання поверхонь.

Це дає можливість визначити відповідно $\tilde{t}(\tilde{U})$ і $t_\gamma(\tilde{U})$, які характеризують узагальнену динаміку спрацювання деталі, що

дозволить визначити відповідно до [3] ресурс деталі в цілому. Узагальненим граничним спрацюванням буде значення $\tilde{U}_{\text{гр}} = 1$.

Раптові (не пов'язані із спрацюванням) відмови враховуються аналогічно, для чого їх узагальнене спрацювання \tilde{U} слід прийняти рівним $\tilde{U} = \tilde{U}_{\text{гр}} = 1$.

Формулювання цілей статті. Динаміку зношування необхідно використати і при визначенні граничних спрацювань. Для встановлення граничного спрацювання деталей і спряжень передбачено три критерії: технічний, технологічний і економічний. В той же час основним критерієм для деталей певної частини машин, залежно від їх призначення, буде лише один, решта ж двоє критеріїв матиме допоміжне, контрольне значення. Зокрема, для деталей механічних передач, що становлять переважну більшість деталей будь-якої машини, таким основним критерієм є технічний, а економічний критерій застосовується в основному при обґрунтуванні величин допустимого спрацювання.

Основна частина. Для деталей, у яких основним критерієм є технічний, знання динаміки їх зношування дозволяє визначити величину граничного спрацювання в зоні переходу від періоду нормальної експлуатації до аварійного зношування (рис. 1).

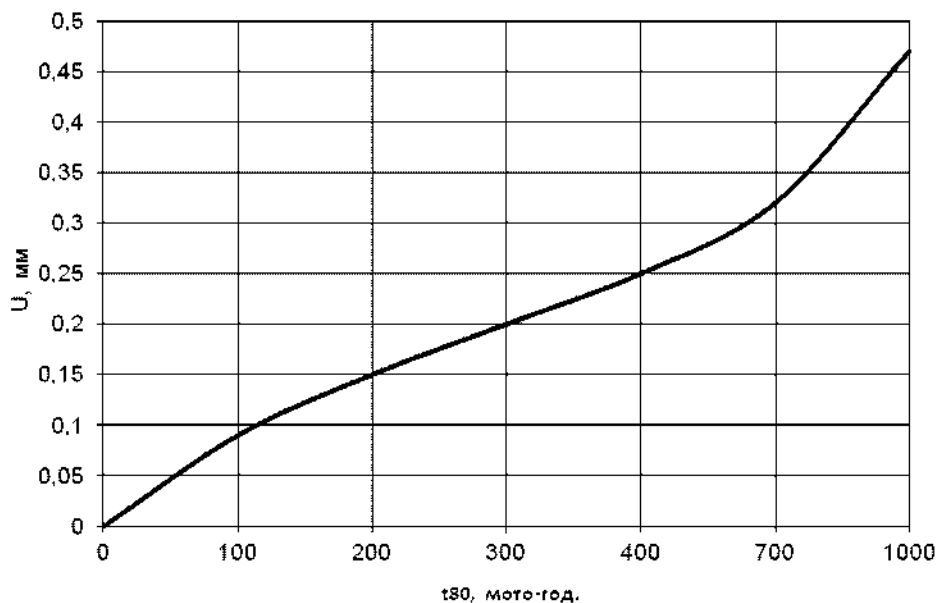


Рис. 1. Типова динаміка зношування поверхонь під підшипники деталей типу "вал" зернозбиральних комбайнів КЗС-9М-01 "Славутич"

При недостатній інформації на рівні граничного спрацювання (тобто мала кількість деталей із спрацюванням вище граничного), що не дає можливості достовірно встановити зону переходу від першого періоду зношування до другого, необхідно оцінювати нижню межу

граничного спрацювання, що відповідає найбільшому значенню спрацювання, яке необхідно віднести до першого періоду. У разі відсутності другого періоду поступають таким же чином. Критерієм недостачі інформації на рівні граничного спрацювання є ширина довірчих інтервалів. Величину спрацювання, при якій нижня 80% довірна межа динаміки перестає зростати, необхідно прийняти за межу зони недостачі інформації.

При частці відмов $r_2/N \leq 0,2 - 0,3$, що спостерігається вельми часто при побудові динаміки зношування в зоні очікуваного граничного спрацювання, точність оцінки 80%-го наробітку t_{80} істотно вища за точність оцінки середнього \bar{t} . Тому необхідно для визначення граничного спрацювання використовувати динаміку $t_{80}(U)$.

Якщо з апріорної інформації відомий вид закону розподілу наробітку деталей на довільному рівні спрацювання, то рекомендується застосувати метод максимальної правдоподібності. При цьому параметри розподілу необхідно визначати з умови максимуму функції правдоподібності, яка у випадку двосторонньо цензурованої вибірки має вигляд

$$L(t) = \prod_{i=1}^{r_1} F(\tau_i) \prod_{i=r_1+1}^{r_2} f(\tau_i) \prod_{i=r_2+1}^N [1 - F(\tau_i)], \quad (1)$$

де $F(\tau_i)$ – функція розподілу; $f(\tau_i)$ – щільність розподілу.

Макимум функції правдоподібності необхідно визначати з умови рівності нулю її часткових похідних за невідомими параметрами.

Для розрахунку параметрів розподілу наробітку рекомендується використати розподіл Вейбулла-Гнеденко в двопараметричній формі

$$F(t) = \begin{cases} 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], & t > 0, \\ 0 & t < 0 \end{cases}, \quad (2)$$

де a – параметр масштабу розподілу Вейбулла-Гнеденко; b – параметр форми розподілу Вейбулла-Гнеденко.

Якщо з апріорної інформації відомо, що для деякої конкретної задачі розподіл Вейбулла непридатний, слід використовувати непараметричну методику. В обґрунтованих випадках допустимо також використовувати інші, відмінних від Вейбулла-Гнеденко, законів розподілу.

Параметри розподілу Вейбулла-Гнеденко за методом максимальної правдоподібності необхідно визначати із системи рівнянь

$$\begin{cases} \frac{a}{b} \frac{\partial \ln L}{\partial a} = -\sum_{i=1}^{r_1} \frac{(\tau_i/a)^b}{\exp[(\tau_i/a)^b] - 1} + \sum_{i=r_1+1}^N (\tau_i/a)^b - (r_2 - r_1) = 0 \\ \frac{\partial \ln L}{\partial b} = \sum_{i=1}^{r_1} \frac{(\tau_i/a)^b \ln(\tau_i/a)}{\exp[(\tau_i/a)^b] - 1} + \sum_{i=r_1+1}^{r_2} \ln(\tau_i/a) + \frac{r_2 - r_1}{b} - \sum_{i=r_1+1}^N (\tau_i/a)^b \times \ln(\tau_i/a) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Для підвищення точності розрахунків динаміки зношування необхідно проводити в два етапи.

На першому етапі визначити значення параметра форми для всіх розрахункових рівнів спрацювання $b(U_j)$ і визначити за допомогою згладжування залежність $b(U)$. При обмежених об'ємах інформації точність оцінки параметра форми b на рівні максимального спрацювання U_j (для яких частка деталей, що відмовили $r_2/N \leq 0,1-0,15$) недостатня, і тому залежність $b(U)$ в цій області спрацювань необхідно визначити методом екстраполяції.

На другому етапі значення параметра форми b для кожного розрахункового рівня спрацювання U_j взяти із згладженої залежності $b(U)$ і при прийнятому значенні b визначити значення параметра масштабу a .

Середній \bar{t} і гамма-відсотковий t_γ наробітки необхідно визначити через параметри a і b за формулами

$$\bar{t} = a\Gamma\left(1 - \frac{1}{b}\right) \text{ і } t_\gamma = a(-\ln \gamma)^{1/b} \quad (4)$$

Відповідно отримана залежність $\bar{t}(U)$ або $t_\gamma(U)$ і є шуканою динамікою зношування.

Точність оцінки динаміки зношування визначається шириною довірчих інтервалів для оцінок середніх \bar{t} і 80%-вих t_{80} наробіток, які рекомендується визначити методом максимальної правдоподібності за цензурованими вибірками з розподілу Вейбулла-Гнеденко.

В цій методиці довірчі інтервали встановлено для рівнів спрацювання U_j , у яких $r_2/N \leq 0,4$, що охоплює частину динаміки зношування, яка визначає довговічність деталей.

Порядок розрахунку довірчих інтервалів оцінок \bar{t} і t_{80} (для кожного розрахункового рівня спрацювання U_j) наступний.

При розрахунку величини r_2 , b і t_{80} відомі, а довірчу ймовірність P приймати рівною 0,8 або 0,9.

За номограмою (рис. 2) визначають, при прийнятій величині параметра форми b і довірчої ймовірності P , значення ε'_n і ε'_s . Рекомендується приймати $P = 0,8$.

Визначають нижні і верхні відносні похибки оцінок t_{80} :

$$\varepsilon_s^{80} = (1 - \varepsilon'_s)^{1/b} - 1, \quad \text{і} \quad \varepsilon_n^{80} = (1 - \varepsilon'_n)^{1/b} - 1, \quad (5)$$

де b – значення параметра форми при $U=U_j$.

Визначають нижні і верхні відносні похибки оцінок \bar{t} :

$$\varepsilon_e = \begin{cases} \varepsilon_e^{80} + 0,12 - 0,4r/N, & \text{при } r/N \leq 0,3 \\ \varepsilon_e^{80} & \text{при } r/N > 0,3 \end{cases}; \quad (6)$$

$$\bar{\varepsilon}_n = \begin{cases} \varepsilon_n^{80} + 0,12 - 0,4r/N, & \text{при } r/N \leq 0,3 \\ \varepsilon_n^{80} & \text{при } r/N > 0,3 \end{cases}$$

Довірчі межі оцінок t_{80} і \bar{t} визначають за формулами:

$$\begin{cases} t_{80н} = t_{80}(1 + \varepsilon_n^{80}); \\ t_{80в} = t_{80}(1 + \varepsilon_v^{80}); \\ \bar{t}_н = \bar{t}(1 + \bar{\varepsilon}_н); \\ \bar{t}_в = \bar{t}(1 + \bar{\varepsilon}_в); \end{cases} \quad (15)$$

де t_{80} , \bar{t} – точкові оцінки $t_{80н}$, $\bar{t}_н$ – нижні, а $t_{80в}$, $\bar{t}_в$ – верхні довірчі межі 80%-го і середнього наробітку, відповідно.

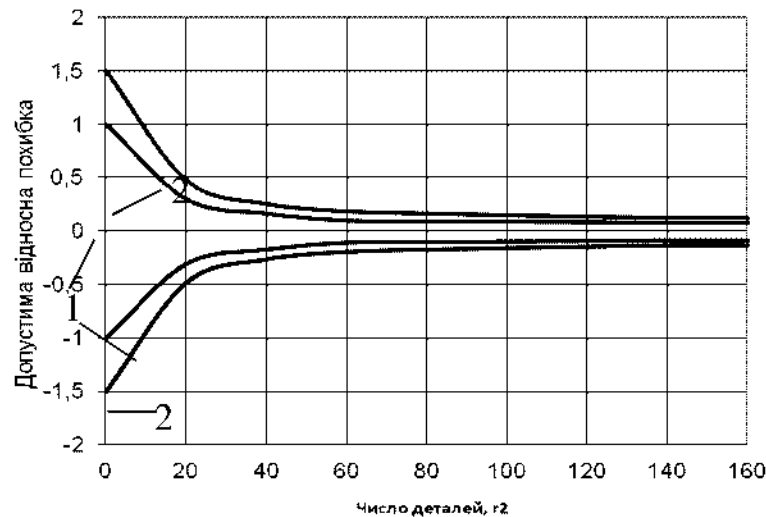


Рис. 2. Відносні похибки при $b=1$:

1 – довірна ймовірність $P=0,8$; 2 – довірна ймовірність $P=0,9$

Описані вище довірчі інтервали оцінок t_{80} і \bar{t} знайдені методом статистичного моделювання для вибірок, об'єм яких лежить в межах $30 \leq N \leq 100$.

Знаходження необхідного об'єму спостережень є зворотною задачею по відношенню до визначення довірчих інтервалів. Цим і пояснюється описаний порядок визначення необхідного об'єму спостережень N .

Висновки. Разом з оцінкою граничного спрацювання $U_{гр}$, яка отримана вище, необхідно також враховувати обмеження на величину $U_{гр}$, які залежать від: порушенням умов міцності деталей, функціональними порушеннями у зв'язку із спрацюванням і порушеннями умов праці.

Їх значимість не слід перебільшувати, оскільки мікрометражу піддаються деталі роботоздатних машин. Тому необхідно враховувати і

два інші критерії, за умови, що розглядаються деталі, для яких основним критерієм є технічний.

Література

1. *Молодик М.В.* Оцінювання надійності машин при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті / *М.В. Молодик* // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха: “ННЦ ІМЕСГ”, 2008. – Вип. 92. – С. 381–389.
2. *Гринченко А.С.* Прогнозирование ресурса на основе регрессионных моделей накопления деформационных повреждений / *А.С. Гринченко, А.И. Алферов, А.П. Лунандина, Ю.Д. Красников* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2009. – Вип. 80. – С. 33–39.
3. *Клімов П.М.* Обґрунтування режимів і розробка засобів контролю технічного стану машинно-тракторних агрегатів вібродіагностуванням : дис... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук; 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / *П.М. Клімов.* – Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, 2008. – 152 с.
4. Розробити наукові основи та рекомендації щодо формування інформаційної бази даних матеріально-технічних і енергетичних ресурсів : звіт про НДР (заклучний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058 ; № держ. обл. 0209U002599. – К. – 2008. – 119 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА ПО ДИНАМИКЕ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Быстрый А.Н., Роговский И.Л.

Аннотация – в статье представлены результаты аналитического описания методики определения ресурса по динамике изнашивания деталей зерноуборочных комбайнов.

TECHNIQUE OF DEFINITION OF THE LIFETIME ON THE DYNAMICS OF CHAFING OF GRAIN HARVESTING COMBINES PARTS

O. Bystryj, I. Rogovskii

Summary

Results of the analytical description of a technique of definition of the life time on the dynamics of chafing of partsof grain harvesting combines are presented in the paper.