

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Oleksandr Bystriy

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str. 15, Kiev, 03041, Ukraine

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

Ключові слова: деталь, зношування, комбайн, спрацювання, ресурс.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розподіл ресурсу поверхні, що зношується, її середній і γ -відсотковий показники необхідно визначати за динамікою зношування при спрацюванні [1], яка рівна граничному значенню $U=U_{\text{гр}}$. 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 [2-4]:

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

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 [5-7]:

$$\tilde{U}_i = \max(u_{i1}/U_{\text{гр}1}, u_{i2}/U_{\text{гр}2}, \dots, u_{ik}/U_{\text{гр}k}),$$

де: $U_{\text{гр}1}, U_{\text{гр}k}$, - 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 ресурсу деталі в цілому [8,9]. 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 $\tilde{U} = \tilde{U}_{\text{гр}} = 1$ [10].

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.

РЕЗУЛЬТАТИ І ДИСКУСІЯ

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).

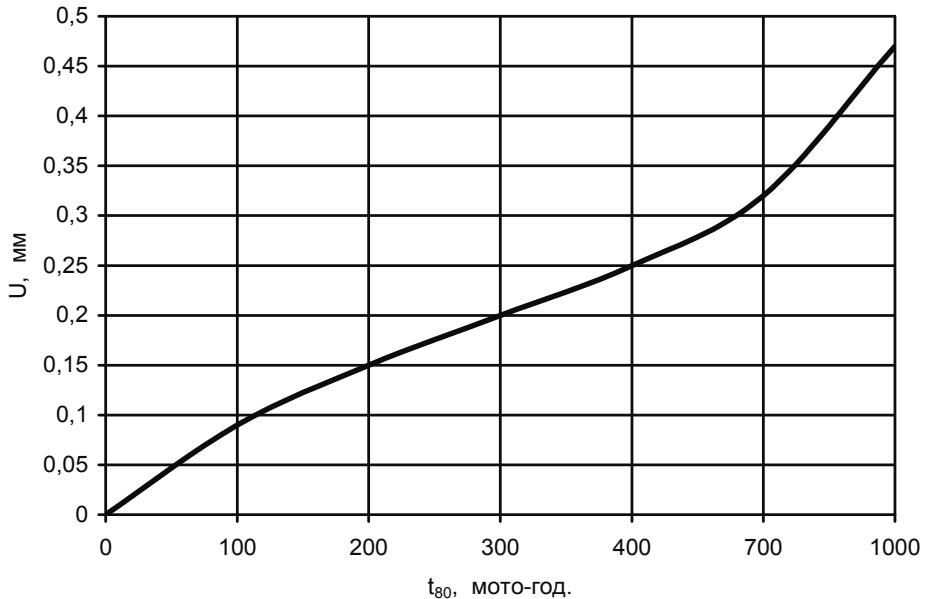


Рис. 1. Типова динаміка зношування поверхонь під підшипники деталей типу “вал” зернозбиральних комбайнів КЗС-9М-01 “Славутич”

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 недостатці 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 недостатці 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.

Максимум 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, відмінні 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 визначати 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'_a . Рекомендується приймати $P = 0,8$.

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

$$\varepsilon_a^{80} = (1 - \varepsilon'_a)^{1/b} - 1, \quad i \quad \varepsilon_b^{80} = (1 - \varepsilon'_b)^{1/b} - 1, \quad (5)$$

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

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

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

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

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

$$\begin{cases} t_{80H} = t_{80}(1 + \varepsilon_H^{80}), \\ t_{80B} = t_{80}(1 + \varepsilon_B^{80}), \\ \bar{t}_H = \bar{t}(1 + \bar{\varepsilon}_H), \\ \bar{t}_B = \bar{t}(1 + \bar{\varepsilon}_B), \end{cases} \quad (7)$$

де: t_{80} , \bar{t} – точкові оцінки t_{80H} , \bar{t}_H – нижні, а t_{80B} , \bar{t}_B – верхні довірчі межі 80%-го і середнього наробітку, відповідно.

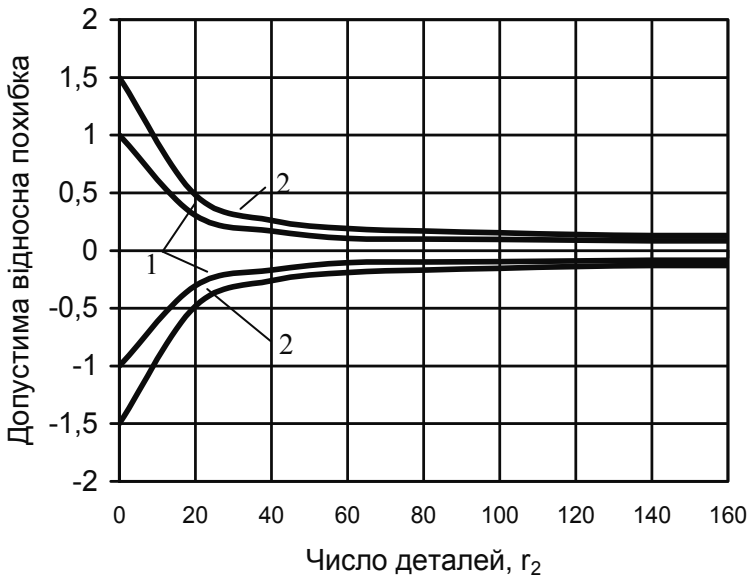


Рис. 2. Відносні похибки при $b=1$: 1 – довірча ймовірність $P=0,8$; 2 – довірча ймовірність $P=0,9$

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 .

ВИСНОВОК

Разом з оцінкою граничного спрацювання $U_{гп}$, яка отримана вище, необхідно також враховувати обмеження на величину $U_{гп}$, 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. Лупандина, Ю.Д. Красников // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. – Харків, 2009. – Вип. 80 “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. – 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 / Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка // Клімов Павло Миколайович. – Харків, 2008. – 152 с.
4. Розробити наукові основи та рекомендації щодо формування інформаційної бази даних матеріально-технічних і енергетичних ресурсів : звіт про НДР (заключний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058 ; № держ. обл. 0209U002599. – К., 2008. – 119 с.
5. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К.: Урожай, 1994. – 305 с.
6. Дубровін В.О. Розвиток технологій використання рослинницької продукції на енергетичні потреби в Україні / В.О. Дубровін // *Аграрна наука і освіта*. – 2004. – Т.5. – №1-2. – С. 86–91.
7. Білоконь Я.Ю. Сільськогосподарська техніка : підручник / Білоконь Я.Ю., Ожоча А.І., Войцеховський С.О. ; за ред. Я.Ю.Білоконя. – К.: Вища освіта, 2003. – 560 с.: ил.
8. Машини для обробітку ґрунту та сівби : посібник / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.
9. Машини для збирання зернових та технічних культур : посібник / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 296 с.
10. 65060. Сільськогосподарські машини, інвентар та устаткування. Класифікація нормативного документа за ДК 004-2008. – К., 2009. – 22 с.

TECHNIQUE OF DEFINITION OF RESOURCE ON DYNAMICS OF WEAR OF DETAILS OF GRAIN COMBINES

Summary. In paper results of analytical rules of the description of a technique of definition of a resource on dynamics of wear of details of grain combines are presented.

Key words: detail, wear, grain combine, wearing, resource.