

Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, ч. 2. – С. 368–375.

2. *Роговський І.Л.* Технологічний підхід до технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 134. – С. 276–281.

3. *Роговський І.Л.* Методологія технічного обслуговування сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський, О.В. Дубровіна* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 372–379.

4. *Rogovskii Ivan.* Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин / *Ivan Rogovskii* // *Motrol : Motorization and power industry in agriculture.* – 2014. – Том 16, №3. – Р. 296–302.

5. *Роговський І.Л.* Аналітична модель режимів технічних обслуговувань сільськогосподарських машин / *І.Л. Роговський* // Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Екобіотехнології та біопалива в АПК – Energia 2012» (27 вересня – 03 жовтня 2012 року). – К., 2012. – С. 144–146.

В статье раскрыто методический подход к описанию стохастичности обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин.

Работоспособность, машина, стохастичность.

In paper the methodical approach to description of stochastic ensure efficiency of agricultural machinery.

Efficiency, machine, stochastics.

УДК 630.171.075.3

КОЕФІЦІЄНТ ГОТОВНОСТІ ЛІСОВИХ МЕЗ

Л.Л. Тімова, аспірантка*

В статті представлено результати щодо методичних положень опису математичної моделі забезпечення коефіцієнта готовності лісових МЕЗ.

Засіб, коефіцієнт готовності, лісовий МЕЗ.

Постановка проблеми. Оскільки лісова техніка характеризується низькими показниками надійності, а зарубіжні аналоги недоступні через високу вартість для лісгосподарських

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

© Л.Л. Тімова, 2014

товаровиробників, селяни змушені експлуатувати зношену техніку. Рівень спрацьованості досягнув 65-80 %.

Аналіз останніх досліджень. Близько 80 відсотків наявних в Україні лісових МЕЗ відпрацювали амортизаційний термін [1] і підлягають списанню [2], але продовжують використовуватись [3]. Поступове падіння надійності такої техніки негативно впливає на стоках проведення лісозаготівельних робіт і веде до зростання витрат [4].

Мета досліджень. З метою встановлення можливостей подальшого їх використання були проведені дослідження відмов та несправностей лісових МЕЗ як таких, що відпрацювали амортизаційний термін, в умовах реальної експлуатації. В результаті чого було встановлено характер і основні причини виникнення відмов, визначено основні показники надійності. Але необхідно виконати оцінку показників надійності із встановленням законів їх розподілу.

Результати досліджень. В даній роботі було поставлено завдання виконати оцінку надійності лісових МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін, за комплексним показником (коефіцієнтом готовності) двома шляхами: аналітично і шляхом обробітку статистичних даних.

Розглянемо оцінку коефіцієнта готовності за допомогою табульованих функцій розподілу через коефіцієнт простою, який визначається як:

$$K_{\Pi} = 1 - K_{\Gamma} = \frac{T_{\epsilon}}{T_o + T_{\epsilon}}, \quad (1)$$

де T_o , T_{ϵ} – відповідно середня тривалість безвідмовної роботи і середня тривалість відновлення працездатності.

Припустимо, що $T_{\epsilon} < T_o$ (є поширеним на практиці), тоді в якості наближеного значення коефіцієнта простою можна прийняти: $K_{\Pi} \approx T_{\epsilon}/T_o$.

В якості оцінки коефіцієнта простою приймемо величину:

$$\hat{K}_{\Pi} = \frac{\hat{T}_{\epsilon}}{\hat{T}_o} = \varphi \frac{T_{\epsilon}}{T_o} = \frac{\nu/(2n)}{\tau/(2r)} \cdot \frac{T_{\epsilon}}{T_o}, \quad (2)$$

де \hat{T}_o і \hat{T}_{ϵ} – оцінки максимальної правдоподібності в припущенні, що інтервали безвідмовної роботи і відновлення мають експоненціальний розподіл з параметрами $\lambda=1/T_o$ і $\mu=1/T_{\epsilon}$ відповідно.

ν і τ – безрозмірні випадкові величини, які підпорядковані стандартному χ^2 -розподілу із $2r$ і $2n$ степенями вільності відповідно:

$$v = 2n\hat{T}_g / T_g, \quad \tau = 2r\hat{T}_o / T_o.$$

В даному випадку (при незалежних v і τ) випадкова величина φ у виразі (2) підпорядкована F -розподілу Фішера з $2n$, $2r$ степенями вільності. Властивості даного розподілу і таблиці його процентних точок наведені в [4]. Зокрема, середнє значення:

$$M(\varphi) = 2r / (2r - 2) = 1 / (1 - 1/r),$$

а дисперсія при $n \gg 1$, $r \gg 1$ $D(\varphi) \approx 1/n + 1/r$, тому $M(\hat{K}_\Pi) = K_\Pi / (1 - 1/r)$, тобто оцінка (2) зміщена, але зміщення падає як $1/r$. Дисперсія даної оцінки при $n \gg 1$, $r \gg 1$ $D(\hat{K}_\Pi) \approx K_\Pi^2 (1/n + 1/r)$.

Використовуючи таблиці $\varphi_\alpha(m_1, m_2)$ процентних точок даного F -розподілу, можна визначити довірчі інтервали (односторонній і двосторонній) для коефіцієнта простою, а відповідно і для коефіцієнта готовності. При коефіцієнті довіри α маємо:

$$\varphi \geq \varphi_\alpha(2n; 2r), \quad \text{або} \quad \frac{\varphi_{1-\alpha}}{2}(2n; 2r) \leq \varphi \leq \frac{\varphi_{1+\alpha}}{2}(2n; 2r),$$

звідки отримуємо односторонній і двосторонній довірчі інтервали коефіцієнта простою:

$$K_\Pi \geq \frac{\hat{K}_\Pi}{\varphi_\alpha(2n; 2r)}, \quad \frac{\hat{K}_\Pi}{\frac{\varphi_{1-\alpha}}{2}(2n; 2r)} \leq K_\Pi \leq \frac{\hat{K}_\Pi}{\frac{\varphi_{1+\alpha}}{2}(2n; 2r)}.$$

Тоді двосторонні довірчі межі для коефіцієнта готовності K_Γ :

$$\frac{\hat{K}_\Pi}{\frac{\varphi_{1-\alpha}}{2}(2n; 2r)} \geq K_\Gamma \geq \frac{\hat{K}_\Pi}{\frac{\varphi_{1+\alpha}}{2}(2n; 2r)}. \quad (3)$$

Коефіцієнт готовності лісового МЕЗ за результатами отриманих експериментальних даних можна визначити так:

$$K_\Gamma = \frac{t_p}{t_p + t_g}. \quad (4)$$

де t_p , t_g – сумарний час відповідно роботи лісового МЕЗ і відновлення всіх його складових частин;

В зв'язку з тим, що відмова будь-якого агрегату чи системи лісового МЕЗ (двигуна, ходова, паливна система та ін.) призводить до відмови всього МЕЗ, то розглядатимемо його як систему послідовно з'єднаних елементів. При послідовному з'єднанні маємо:

$$t_p = \sum_{j=1}^m t_{p_j}, \quad t_g = \sum_{j=1}^m t_{g_j}, \quad (5)$$

де m – загальна кількість агрегатів і систем, з яких складається МЕЗ.

Але, в свою чергу, кожний складова частина МЕЗ також характеризується своїм коефіцієнтом готовності:

$$K_{\Gamma_j} = \frac{t_{p_j}}{t_{p_j} + t_{e_j}}. \quad (6)$$

Із виразу (6) з урахуванням (5) визначимо:

$$t_e = \sum_{j=1}^m \frac{t_{p_j} (1 - K_{\Gamma_j})}{K_{\Gamma_j}} = t_p \sum_{j=1}^m \frac{1 - K_{\Gamma_j}}{K_{\Gamma_j}}. \quad (7)$$

Підставивши отриманий вираз (7) у вираз (4) і зробивши деякі перетворення, отримаємо залежність коефіцієнта готовності лісового МЕЗ від коефіцієнтів готовності його агрегатів і систем як послідовно з'єднаних елементів:

$$K_{\Gamma} = \left[\sum_{j=1}^m \frac{1}{K_{\Gamma_j}} - (m-1) \right]^{-1}. \quad (8)$$

В результаті проведених експериментальних досліджень було отримано ряд ($n=48$) значень коефіцієнта готовності лісових МЕЗ. Обробіток статистичних даних виконуємо з використанням персонального комп'ютера в середовищі "Excel". Результати вирівнювання емпіричного розподілу цих значень за нормальним законом приведені в табл. 1 та рис. 1. Статистичні оцінки даного розподілу:

середнє значення коефіцієнта готовності $\bar{K}_{\Gamma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\Gamma_i} = 0,57$; середньоквадратичне відхилення

$\sigma_{K_{\Gamma}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{\Gamma_i} - \bar{K}_{\Gamma})^2} = 0,16$. Тоді функція щільності розподілу

матиме наступний вигляд:

$$f(K_{\Gamma_i}) = \frac{1}{\sigma_{K_{\Gamma}} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(K_{\Gamma_i} - \bar{K}_{\Gamma})^2}{2\sigma_{K_{\Gamma}}^2}\right] = 2,49 \exp\left[-19,53(K_{\Gamma_i} - 0,57)^2\right].$$

Визначаємо ймовірність кожного інтервалу, припустивши, що всі значення інтервалу зосереджені в його середині, та значення теоретичних частот кривої, вирівняної за нормальним законом за формулами:

$$P(K_{\Gamma_i}) = \Delta K_{\Gamma} \cdot f(K_{\Gamma_i}), \quad n'_i = n \cdot P(K_{\Gamma_i}),$$

де ΔK_{Γ} – ширина інтервалу.

Перевірка згоди емпіричного і теоретичного законів розподілу за критерієм Пірсона χ^2 показала, що із ймовірністю не менше 60 % нормальний закон розподілу можна використовувати в якості математичної моделі розподілу коефіцієнта технічної готовності лісових МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін.

1. Оцінка виду функції $f(K_{Гi})$ лісових МЕЗ.

Межі інтервалів	Середина $K_{Гi}$	Емпірична частота n_i	Щільність розподілу $f(K_{Гi})$	Ймовірність інтервалу $P(K_{Гi})$	Теоретична частота n'_i	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
0,30...0,42	0,36	6	1,052	0,126	2,0	0
0,42...0,54	0,48	18	2,126	0,255	4,1	0,88
0,54...0,66	0,60	12	2,447	0,294	4,7	0,10
0,66...0,78	0,72	6	1,605	0,193	3,1	0,39
0,78...0,90	0,84	6	0,600	0,072	1,2	0,53

Точкові оцінки можна з достатньою впевненістю використовувати лише при великих об'ємах спостережень. Чим менший об'єм вибірки, тим легше допустити помилку. Тому, важливо не лише отримати середнє значення, але й визначити, на скільки ця оцінка близька до істинного значення, тобто необхідно оцінити величину помилки за допомогою інтервалу значень.

Для нормального закону розподілу для розрахунку довірчих меж середнього значення коефіцієнта готовності справедливі наступні вирази: нижня довірча межа $K_{Г}^n = \bar{K}_{Г} - t_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$; верхня

довірча межа $K_{Г}^e = \bar{K}_{Г} + t_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, де t_{α} – параметр розподілу Стюдента.

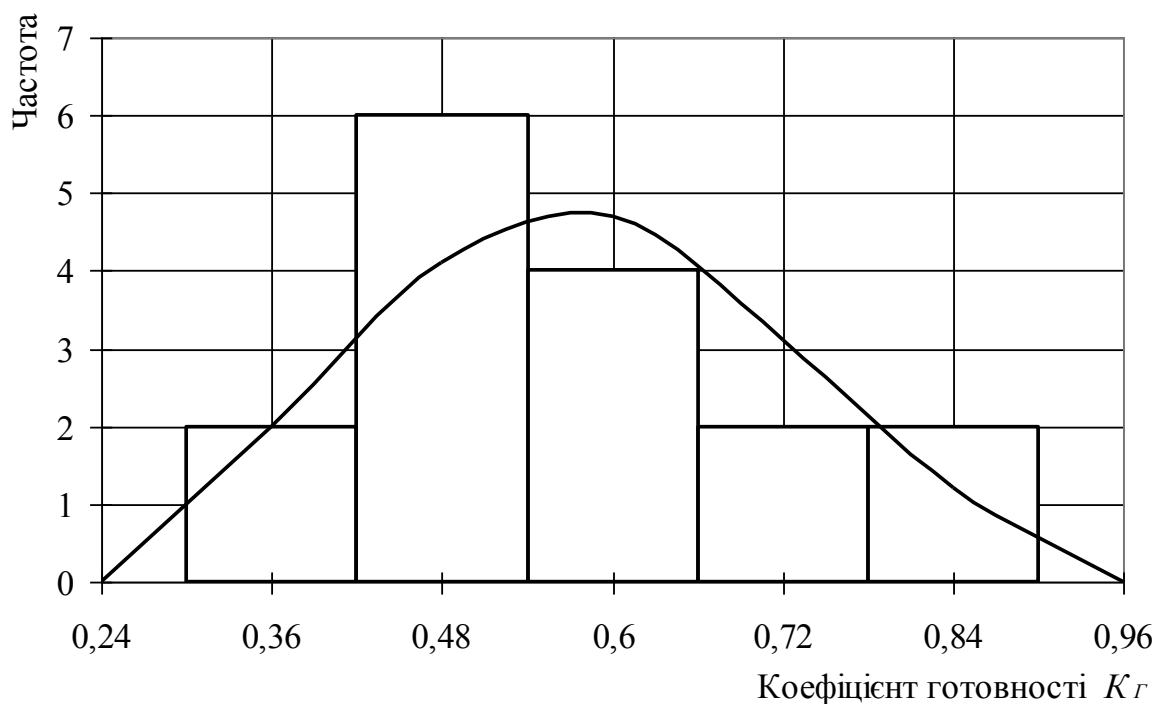


Рис. 1. Гістограма та теоретична крива розподілу коефіцієнта готовності $K_{Г}$ лісового МЕЗ.

Ефективність викладених підходів до оцінки коефіцієнта готовності і його довірчих меж лісового МЕЗ ілюструють дані табл. 2. Наведені в таблиці значення оцінки і двостороннього інтервалу коефіцієнта готовності МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін, були визначені паралельно двома способами – шляхом обробітку статистичного ряду розподілу $K_{Гi}$ і побічно за наведеними аналітичними виразами.

2. Зведені дані оцінки коефіцієнта готовності лісового МЕЗ.

Параметр	Метод розрахунку	
	статистичний	аналітичний
Величина вибірки n	16	16
Оцінка значення коефіцієнта $K_{Г}$	0,57	0,54
Середньоквадратичне відхилення σ	0,16	—
Довірча ймовірність α	0,90	0,90
Довірчі межі коефіцієнта готовності $K_{Г}^H \dots K_{Г}^B$	0,50...0,64	0,24...0,78

Оцінку випадковості розбіжності між теоретичними і експериментальними параметрами розподілу виконаємо за критерієм t Стьюдента згідно:

$$t = \frac{|M(\hat{K}_{Г}) - \bar{K}_{Г}| \sqrt{n}}{\sigma} = \frac{|0,54 - 0,57| \sqrt{16}}{0,16} = 0,75.$$

Для $t=0,75$ і $\kappa=n-1=15$ за таблицею знаходимо $S(t)=0,767$. Ймовірність того, що розбіжність випадкова, рівна $1-S(t)=0,233 > 0,05$.

Висновки

Розбіжність між теоретичними і експериментальними параметрами розподілу несуттєва, тобто випадкова, і тому теоретичне значення оцінки коефіцієнта готовності підтверджується експериментом.

В якості математичної моделі розподілу коефіцієнта готовності лісового МЕЗ, що відпрацювали амортизаційний термін, із ймовірністю $P(\chi^2) = 0,60$ можна використовувати нормальний закон розподілу з параметрами $\bar{K}_{Г} = 0,57$ і $\sigma_{K_{Г}} = 0,16$. Середнє значення коефіцієнта готовності даних машин із ймовірністю 90 % лежить в межах 0,50...0,64.

Підтверджена можливість аналітичної оцінки довірчих меж коефіцієнта готовності (простою) лісових МЕЗ на основі F -розподілу.

Список літератури

1. Тітова Л.Л. Методи технічного обслуговування лісових машин / Л.Л. Тітова, І.Л. Роговський // Вісник Харківського національного технічного університету

сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 155. – С. 132–137.

2. Система технічного обслуговування обладнання лісового комплексу. Звіт про НДР (заключний) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № держ. реєстр. 0107U012058. № держ. обл. 0209U002599. – К., 2008. – 119 с.

3. *Роговський І.Л.* Класифікація технологічних процесів техсервісу обладнання лісового комплексу / *І.Л. Роговський* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – Т. 1. – С. 136–142.

4. *Плешков А.С.* Концептуальность решений техсервисных задач в лесном хозяйстве / *А.С. Плешков*. – Санкт-Петербург: Гладь, 2010. – 240 с.

В статье представлены результаты по методическим положений описания математической модели обеспечения коэффициента готовности лесных МЭС.

Средство, коэффициент готовности, лесной МЭС.

The paper presents results on methodological regulations describing mathematical models of availability of forest MEM.

Means, availability, forest MEM.

УДК 631.331.5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗАСТОСУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕНИХ МЕХАНІЗМІВ ПРИВОДУ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПОСІВНИХ МАШИН

Н.В. Матухно, здобувач*

В статті описано аналітичні підходи та описані передумови вдосконалення механізмів приводу висівних апаратів посівних машин.

Апарат, висів, машина, привод.

Постановка проблеми. Високі ціни на сучасні посівні машини вимагають шукати шляхи зниження собівартості сівби насіння сільськогосподарських культур. Одним з шляхів є застосування змінних висівних пристроїв до існуючих посівних машин, оскільки

*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський