

природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 1. – С. 366–376.

7. *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.

8. *Роговський І.Л.* Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини / *І.Л. Роговський* // Зб. наук. пр. “Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка”. – Х.: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 159. – С. 224–232.

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

***Работоспособность, машина, стохастичность.***

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

***Efficiency, machine, stochastics.***

УДК 630.171.075.3

## **АНАЛІЗ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН ДЛЯ ЛІСОТЕХНІЧНИХ РОБІТ**

***Л.Л. Тімова, аспірантка\****

***І.Л. Роговський, кандидат технічних наук***

*В статті представлено результати щодо методичних положень опису математичної моделі забезпечення періодичності технічного обслуговування машин для лісотехнічних робіт.*

***Засіб, технічне обслуговування, періодичність, машина.***

**Постановка проблеми.** На тривалість перебування машин для лісотехнічних робіт (далі – машин) в непрацездатному стані та витрати на обслуговування і ремонт впливає прийнята система забезпечення їх працездатними і ресурсними обмінними елементами та матеріалами, яка включає номенклатуру, кількість, розміщення при зберіганні, періодичність і порядок поповнення останніх.

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

© *Л.Л. Тімова, І.Л. Роговський, 2015*

**Аналіз останніх досліджень.** В роботі [1] розроблена методика визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування машин за критерієм мінімуму сумарних питомих витрат:

$$C(t_i^{TO}) = C_O(t_i^{TO}) + C_{ПП}(t_i^{TO}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де:  $C_O(t_i^{TO})$  – питомі витрати на технічне обслуговування і усунення відмов;  $C_{ПП}(t_i^{TO})$  – питомі втрати від простою машини.

Оптимальна періодичність технічного обслуговування визначається за даними розрахунку, виконаного для різних значень періодичності, але вона пов'язана лише із затратами і не враховує фактичної зміни технічного стану машин.

Оптимальна періодичність технічного обслуговування і ремонту машин, згідно методу [2], визначається із умови найбільшої їх продуктивності. Об'єм виконаної роботи за певний календарний період, при цьому, визначається як:

$$V = Q_T t_p = Q_T t_k K_T K_G (K_{ОРГ} + K_{ОБС} - 1), \quad (2)$$

де:  $Q_T$  – технічна продуктивність машини;  $K_T$  – коефіцієнт технологічних втрат,  $K_T = t_p / (t_p + t_m)$ ;  $K_G$  – коефіцієнт готовності,  $K_G = (t_p + t_m) / (t_p + t_m + t_e)$ ;  $K_{ОРГ}$  – коефіцієнт втрат через організаційні причини,  $K_{ОРГ} = (t_k - t_{орз}) / t_k$ ;  $K_{ОБС}$  – коефіцієнт обслуговування,  $K_{ОБС} = (t_k - t_{обс}) / t_k$ ;  $t_p$ ,  $t_k$ ,  $t_m$ ,  $t_e$ ,  $t_{орз}$ ,  $t_{обс}$ , – відповідно час продуктивної роботи, час роботи без втрат, час роботи вхолосту або пересування машини, час відновлення (усунення відмов), час простоїв через організаційні причини і несприятливі погодні умови, час технічного обслуговування.

В роботі [3] обґрунтував періодичність технічного обслуговування за продуктивністю машини, яка зменшується відповідно до зменшення потужності двигуна в результаті спрацювання, розрегулювань і старіння. А залежність середньої ефективної потужності двигуна  $N_{ecp}$  від періодичності технічного обслуговування  $x$  має такий вид [3]:

$$N_{ecp} = N_{ен} - \frac{\Delta N_e}{2} = N_{ен} - \frac{x}{2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

де:  $N_{ен}$  – ефективна номінальна потужність;  $\alpha$  – кут нахилу прямої  $N_e = f(x)$  до осі абсцис.

Після проведення технічного обслуговування потужність двигуна відновлюється, але в процесі подальшої експлуатації машини знову знижується [4]. Підвищення середньої потужності шляхом зменшення  $x$  збільшує сезонний наробіток чи продуктивність машини  $W_{сез}$ , а зниження ступеня використання часу  $\tau$  шляхом збільшення затрат часу на технічне обслуговування [ $\tau_x = f(x)$ ] знижує сезонну продуктивність машини  $W_{сез}$ .

Але суттєвим недоліком цих методів є те, що в якості критерію

оптимальності і вихідних залежностей приймаються середні значення величин без врахування їх імовірнісного характеру, який є в дійсності [5].

Ці методи не дозволяють будувати гнучкі ремонтні цикли з різними видами групової профілактики і ефективні лише для великомасштабного прогнозування і планування потреби в ремонтних діях при встановленій системі обслуговування і ремонту [6].

**Мета досліджень.** Обґрунтувати методичні положення опису математичної моделі забезпечення періодичності технічного обслуговування машин для лісотехнічних робіт.

**Результати досліджень.** Пропонується метод, суть якого зводиться до визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування з умови забезпечення необхідної технічної готовності машини і, одночасно, найбільшої ймовірності безвідмовної роботи.

Прийнявши до уваги, що час між обслуговуваннями  $T_n = m(T + T_e) / m_n$ , наробіток на відмову  $T = aK_b$ , коефіцієнт готовності  $K_r = T / (T + T_e) = 1 / (1 + B)$ , отримано вираз:

$$P_{e.s} = \frac{1}{1/K_r + K_{TO}m_n/m} \exp\left(-\left(\frac{mK_b}{m_nK_r}\right)^b\right). \quad (4)$$

Досліджуючи вираз (4) на екстремум, отримані вирази для розрахунку оптимальної частоти проведення технічного обслуговування за розрахунковий період експлуатації та оптимального часу між технічними обслуговуваннями:

$$m_{n\ opt} = m \frac{K_b}{K_r} \sqrt{b/(b+1)}, \quad T_{n\ opt} = \frac{T}{K_b^b \sqrt{b/(b+1)}}.$$

З точки зору керування технічним станом, надійністю машин описаний методичний підхід має пасивний характер, так як визначає лише правило зупинки експлуатації, але не впливає на формування експлуатаційної надійності до зупинки. Тому технічний стан машини в процесі експлуатації змінюється під дією наступних факторів:

- дію факторів, що погіршують технічний стан, можна представити функцією  $y = \varphi(S, Z, D, M)$ , де  $S$  – старіння;  $Z$  – зношування;  $D$  – деформація;  $M$  – міцність;

- дію факторів, що відновлюють технічний стан, можна представити функцією  $z = \varphi(V, K, O, Y)$ , де  $V$  – вартість обслуговування;  $K$  – контроль і перевірка;  $O$  – обслуговування;  $Y$  – відновлення та усунення несправностей.

Тому було запропоновано використовувати при оптимізації періодичності технічного обслуговування залежність зміни технічного стану  $x$  за час  $t$ :

$$\frac{dx}{dt} = Q(x, y, z, t).$$

Зміна технічного стану машин під дією експлуатаційних факторів визначається сукупністю появи раптових і поступових відмов. Для характеристики їх впливу використовують функцію ймовірності безвідмовної роботи:

$$F(t) = 1 - [1 - F_1(t)][1 - F_2(t)],$$

де:  $F_1(t)$  і  $F_2(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи при поступових і раптових відмовах.

На основі статистики відмов можна встановити закономірність зміни ймовірності безвідмовної роботи даного типу машин, наприклад як на рис. 1.

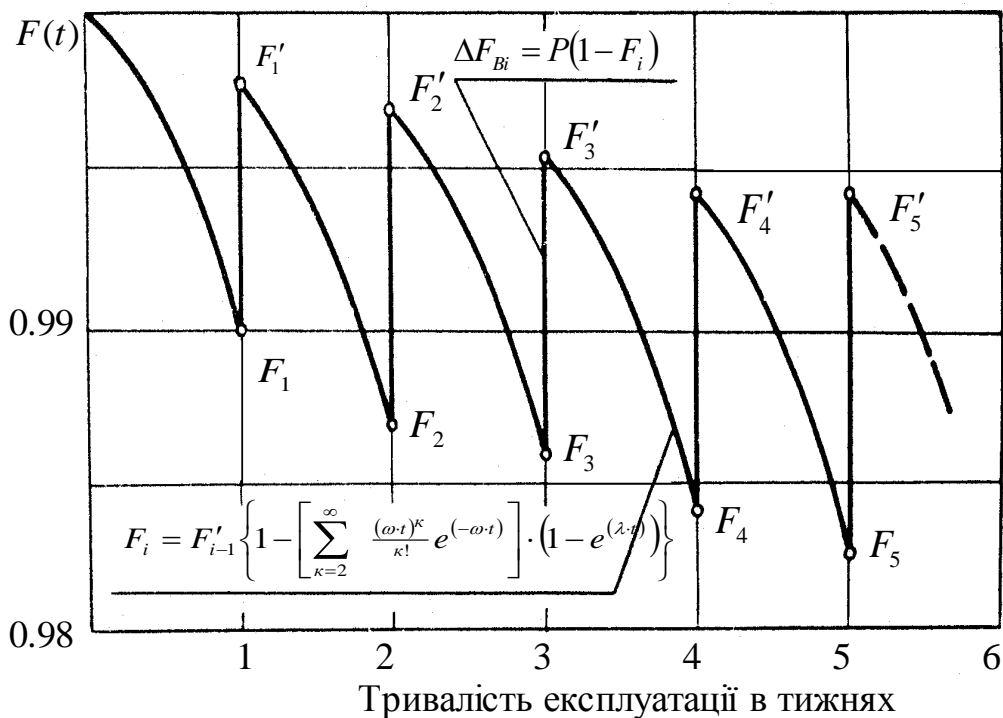


Рис. 1. Модель зміни технічного стану машин.

Розрахунок відновлення від фактичного рівня технічного стану перед обслуговуванням відображує умови експлуатації:

$$\Delta F_{Bi} = (1 - F_i) \cdot P,$$

де:  $F_i$  – технічний стан перед черговим обслуговуванням з урахуванням попереднього обслуговування:

$$F_i = F'_{i-1} \left\{ 1 - \left[ \sum_{\kappa=2}^{\infty} \frac{(\omega \cdot t)^{\kappa}}{\kappa!} e^{-\omega t} \right] (1 - e^{-\lambda t}) \right\},$$

де:  $F'_{i-1}$  – технічний стан на початку періоду; вираз у фігурних дужках є функція зміни технічного стану за міжремонтний період;  $P$  – ймовірність знаходження і усунення несправності при обслуговуванні.

При оптимізації періодичності технічного обслуговування за умовами закономірності розвитку відмов знаходимо максимум ймовірності сумісної події: виникнення несправності  $P_H(t)$  і появи відмови  $P_{H,G}(t)$ . При цьому вважаємо, що усуненням несправностей у встановлений термін запобігається виникненню відмов. Як видно з рис. 2,а, з початку експлуатації  $t_0=0$  починає розвиватись несправність, яка з'являється у випадковий момент часу  $t_1$ . З даного моменту починається друга стадія розвитку відмови, яка триває до випадкового моменту часу  $t_2$ . Відмова елемента виникає в момент часу  $t_B=t_1+t_2$ .

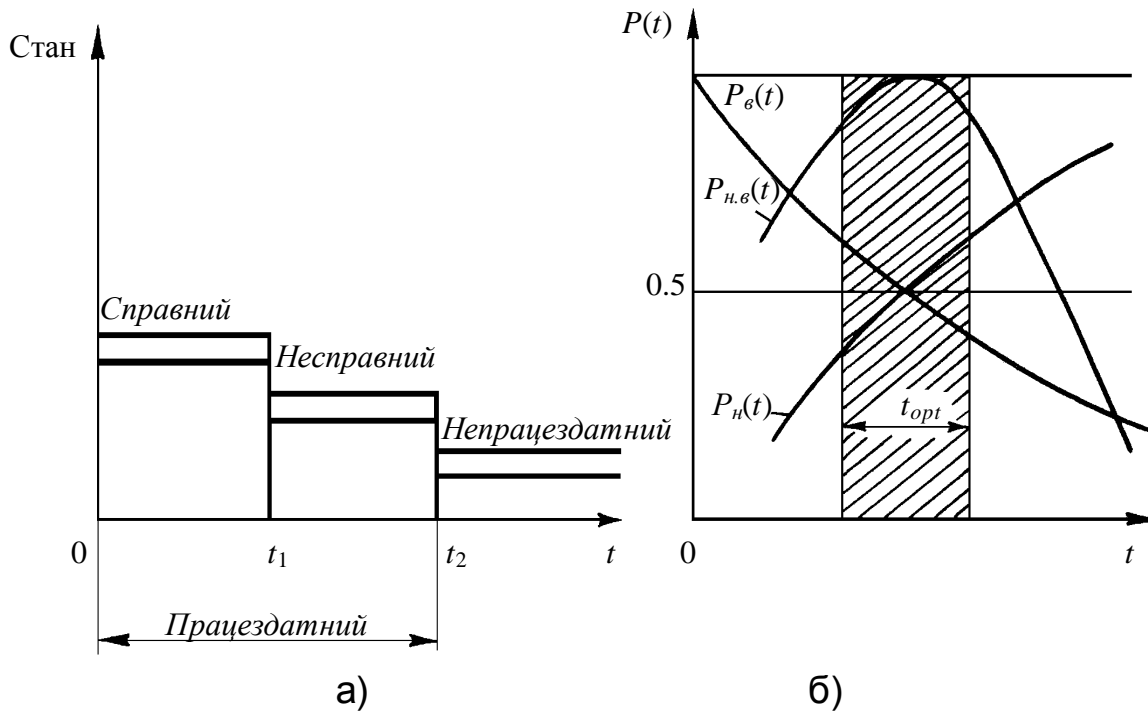


Рис. 2. Схема процесу розвитку відмови (а) та графік залежності параметрів ймовірності від часу (б).

Між часом виникнення несправності і відмовою існує імовірнісна або функціональна залежність. Елемент ймовірності сумісної події виникнення несправності і не появи відмови виражається як добуток двох складових:

- ймовірності того, що від моменту часу  $t$  до проведення технічного обслуговування  $t_{TO}$  в агрегаті не виникне відмови;
- ймовірності виникнення несправності за малий проміжок часу перед початком проведення технічного обслуговування, тобто:

$$dP_{H,G}(t) = [1 - P_2(t_{TO} - t)]P_1(t)dt. \quad (5)$$

Просумувавши даний вираз в інтервалі від нуля до  $t_{TO}$  і у випадку, якщо час виникнення несправностей  $t_1$  і відмов  $t_2$  має експоненціальний закон розподілу, то ймовірність сумісної події приймає вигляд:

$$P_{н.6}(t) = \int_0^{t_{TO}} \exp[-\lambda_2(t_{TO} - t)] \lambda_1 \exp(-\lambda_1 t) dt, \quad (6)$$

характер зміни якої зображений на графіку (рис. 2,б).

Методика для визначення періодичності технічних обслуговувань ефективні для складових частин машини, які потребують контрольньо-оглядових, регулювальних втручань.

**Висновок.** Розглянута задача присвячена розрахунку оптимальної періодичності профілактичних заходів віновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт при єдиній регламентованій за наробітком стратегії. Розрахунки проводились з обмеженнями за функцією інтенсивності відмов і ймовірності безвідмовної роботи.

### Список літератури

1. *Тимова Людмила.* Эффективность технической эксплуатации лесных МЭС / Людмила Тимова, Иван Rogovskiy // Motrol: Motorization and power industry in agriculture. – 2014. – Том 16, №3. – Р. 313–321.
2. *Тимова Л.Л.* Прогнозування потреб в послугах з технічного обслуговування лісових МЭС / Л.Л. Тимова, І.Л. Rogovskiy // Збірник тез I Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перспективи та тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарських машин та знарядь» (16–17 жовтня). – Житомир, 2014. – С. 40–41.
3. *Тимова Л.Л.* Методи технічного обслуговування лісових машин / Л.Л. Тимова, І.Л. Rogovskiy // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 155. – С. 132–137.
4. *Тимова Л.Л.* Методичні положення потреби в мобільних засобах техобслуговування лісових МЭС / Л.Л. Тимова, І.Л. Rogovskiy // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 3. – С. 146–152.
5. *Тимова Л.Л.* Ефективність управління відновленням працездатності машин для лісотехнічних робіт / Л.Л. Тимова, І.Л. Rogovskiy // Зб. тез доповідей XV Міжнародної конф. науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (23–27 березня 2015 року). Секції факультету конструювання та дизайну. – К., 2015. – С. 68–70.
6. *Тимова Л.Л.* Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини / Л.Л. Тимова, І.Л. Rogovskiy // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2015. – Вип. 160. – С. 189–195.

*В статье представлены результаты относительно методических положений описания математической модели обеспечения периодичности технического обслуживания машин для лесотехнических работ.*

**Средство, техническое обслуживание, периодичность, машина.**

*Results of rather methodical provisions of description of mathematical model of ensuring frequency of maintenance of machinery for timber works are presented in paper.*

***Means, maintenance, frequency, mashine.***

УДК 631.3+531.2

## **СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНЕРЦІЇ ОРГАНІВ РОСЛИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

***І.О. Чижиков, кандидат технічних наук  
Таверійський державний агротехнологічний університет***

*В статті запропоновано спосіб визначення параметрів інерції органів рослин сільськогосподарських культур за рахунок розподілу їх лінійної щільності. Наведено аналітичну та експериментальну частини способу. Визначені параметри інерції різних видів підщеп плодкових культур.*

***Маса, статичний момент, момент інерції, лінійна щільність.***

**Постановка проблеми.** Одні з основних параметрів, які необхідно враховувати при розробці математичних моделей процесів, пов'язаних з садінням або викопуванням рослин сільськогосподарських культур (цукрового буряка, картоплі, розсади томатів, підщеп, саджанців і ін.) – це їх маса, статичний момент і момент інерції. Для моделювання таких об'єктів, вихідні залежності знаходять із фізичних, біологічних і інших закономірностей, які описують їх функціонування. У нашому випадку це переміщення органів рослин із вихідного положення у задане. Підвищити точність моделювання процесів переміщення в просторі органів рослин, що мають різноманітні форми та неоднорідну структуру можливо шляхом розрахунків параметрів їх інерції з урахуванням лінійної щільності, а одержання таких залежностей є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуючі дослідження, у яких описані аналітичні методи визначення параметрів інерції простих і складних тіл можна застосовувати в основному при розрахунках і проектуванні деталей механізмів і машин [1, 2]. При визначенні параметрів інерції органів рослин сільськогосподарських культур, можна застосовувати спосіб фізичного маятника [3]. Так, у роботі [4] момент

© І.О. Чижиков, 2015