

УДК 631.35: 633.521

О.О.Налобіна, О.П.Герасимчук, В.С.Пуць  
Луцький національний технічний університет**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛЬОНОБРАЛКИ**

У статті проаналізовано вплив елементів технічної система «льонобралка» на надійність та виведено аналітичну залежність для розрахунку надійності льонобралки ТЛН-1,5.

Ключові слова: льонобралка, технічна система, елемент, надійність, ймовірність.

Постановка проблеми. Льон-довгунець є традиційною для України технічною сільськогосподарською культурою. Сприятливі агрокліматичні умови для вирощування льону в районах Полісся та передгір'я Карпат, тисячолітні традиції вирощування цієї культури, світова тенденція підвищення попиту на льон, який вважають матеріалом ХХІ століття – це далеко не повний перелік чинників, що сприяють розвитку льонарства.

Необхідною умовою розвитку льонарства є розробка і впровадження у виробництво вітчизняних засобів механізації льонарства. Ефективність комплексу механізації сільськогосподарських машин залежить від вирішення питань надійності. На даний час у господарствах найбільш широко використовується льонобральна машина ТЛН-1,5. Аналіз теоретичних досліджень льонобральних машин та досвіду їхньої експлуатації показав, що надійність її роботи залежить від великої кількості факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні декілька років значно зростає кількість досліджень, присвячених питанням надійності технічних систем, зокрема тих, які функціонують у сільськогосподарському виробництві.

Дослідженню надійності сільськогосподарських машин присвячені роботи Я.М. Шором, М.М. Сереневого, К.Л. Рогозіна, О.І. Селіванова, В.Я. Аніловича, Л.М. Леонтєва та ін.

Теоретичне підґрунтя, сформоване авторами робіт, дає можливість формувати математичні моделі надійності. Системний підхід до встановлення показників надійності, який базується на вивченні складу системи, виявленні впливів окремих елементів на її стан, є найбільш перспективним напрямком розвитку теорії надійності.

Проте, не зважаючи на значний об'єм досліджень надійності сільськогосподарської техніки, до останнього часу не виконувались дослідження, спрямовані на виявлення причин відмов льонобральної техніки та відсутні математичні моделі оцінки надійності льонобральних машин та апаратів.

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розробити методику розрахунку показників надійності льонобралки ТЛН-1,5, що базується на виявленні впливу окремих елементів на її надійність.

Результати дослідження. Вихід з ладу льонобралки, як показав досвід експлуатації, в основному залежить від випадкових процесів. В процесі експлуатації технічна система знаходиться у декількох дискретних станах  $S_1, S_2, \dots$ , які характеризуються випадковими величинами.

Проведемо аналіз станів системи «льонобралка» з метою визначення комплексного показника її надійності. Скористаємось графом станів [1]. (рис. 1).

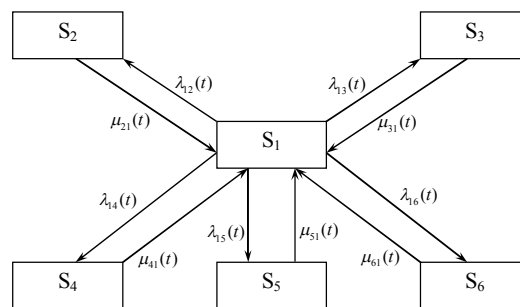


Рис. 1. Граф станів в технічній системі «льонобралка»

На рис. 1 введенні позначення з урахуванням того, що льонобралка може знаходитись у наступних станах:  $S_1$  – роботоздатна і працює;  $S_2$  – несправна через вихід з ладу привода;  $S_3$  – несправна через вихід з ладу рами;  $S_4$  – несправна через вихід з ладу подільників;  $S_5$  – несправна через вихід з ладу брального пасу;  $S_6$  – несправна через вихід з ладу вивідного устаткування.

На систему, яка знаходиться в деякому стані  $S_i$  діє потік відмов з інтенсивністю  $\lambda(t)$ , який сприяє переходу технічної системи з одного стану  $S_i$  в інший  $S_j$ , та потік відновлень з інтенсивністю  $\mu(t)$ . Вплив виходу з ладу (кількісних його проявів) характеризується величиною ймовірності відмов  $Q_{ij}$ .

Ймовірність роботоздатного стану льонобралки визначиться

$$P_1(t) = P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t) \cdot P_6(t). \quad (1)$$

де  $P_i(t) = 1 - Q_i(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи робочих органів (підсистем) технічної системи.

Розглянемо можливі стани  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$  і визначимо ймовірність переходу технічної системи в них.

Стан  $S_2$  характеризує несправність через вихід з ладу привода. Привод льонобралки складається з двох редукторів, які з'єднанні через карданну передачу. Відмови привода зумовлюються, в основному, намотуванням стебел на деталі привода.

Ймовірність переходу технічної системи зі стану  $S_1$  в стан  $S_2$ :

$$P_{12}(t) = \lambda_{12}(t) \Delta t. \quad (2)$$

Стан  $S_3$  обумовлюється випадковими відмовами: деформація, тріщини. Ймовірність переходу технічної системи в цей стан:

$$P_{13}(t) = \lambda_{13}(t) \Delta t. \quad (3)$$

Стан  $S_4$  обумовлюється виходом з ладу подільників (рис. 2). Подільники, в основному, виходять з ладу через наїзди на камінці. Причиною може бути також недотримання вимог до величини кута нахилу льонобралки до ґрунту, до висоти встановлення носиків подільника над поверхнею поля.

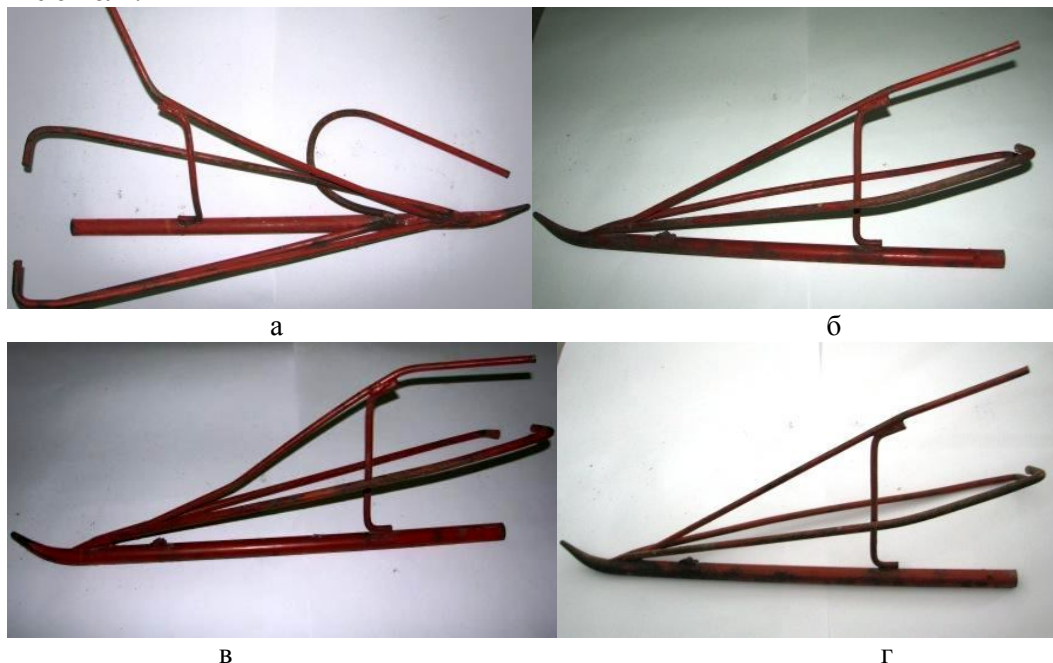


Рис. 2. Види пошкоджень подільників: а, б – вигин бокового прутка; в – вигин центрального прутка; г – злам бокового прутка

Ймовірність переходу в стан  $S_4$  визначиться:

$$P_{14}(t) = \lambda_{14}(t)\Delta t . \quad (4)$$

Стан  $S_5$  обумовлюється виходом з ладу браального апарату. Причиною відмов є: забивання стеблами рівчаків, намотування їх на шків та ролики (рис. 3), або пошкодження та розрив браального пасу (рис. 4).

Ймовірність переходу в стан  $S_5$  :

$$P_{15}(t) = \lambda_{15}(t)\Delta t . \quad (5)$$



Рис. 3. Намотування стебел льону на шків

Стан  $S_6$  проявляється за умови забивання вивідного устаткування або через втрату роботоздатності пасу вивідного устаткування.

Ймовірність переходу системи в стан  $S_6$  :

$$P_{16}(t) = \lambda_{16}(t)\Delta t . \quad (6)$$

Роботоздатність будь-якої підсистеми може бути відновлена на протязі деякого проміжку часу і це приведе до того, що технічна система повернеться в робочий стан  $S_1$ . Такий перехід будемо оцінювати показником  $\mu_{ij}$  – інтенсивність потоку відновлень.

Визначимо ймовірнісні переходи системи. Скористаємось рівняннями Коломогорова [1]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{dt} &= p_2(t) \cdot \mu_{21}(t) + p_3(t) \cdot \mu_{31}(t) + p_4(t) \cdot \mu_{41}(t) + p_5(t) \cdot \mu_{51}(t) + \\ &\quad + p_6(t) \cdot \mu_{61}(t) - (\lambda_{12}(t) + \lambda_{13}(t) + \lambda_{14}(t) + \lambda_{15}(t) + \lambda_{16}(t)) \cdot p_1(t); \\ \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_{12}(t) \cdot p_1(t) - \mu_{21}(t) \cdot p_2(t); \\ \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{13}(t) \cdot p_1(t) - \mu_{31}(t) \cdot p_3(t); \\ \frac{dp_4}{dt} &= \lambda_{14}(t) \cdot p_1(t) - \mu_{41}(t) \cdot p_4(t); \\ \frac{dp_5}{dt} &= \lambda_{15}(t) \cdot p_1(t) - \mu_{51}(t) \cdot p_5(t); \\ \frac{dp_6}{dt} &= \lambda_{16}(t) \cdot p_1(t) - \mu_{61}(t) \cdot p_6(t) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

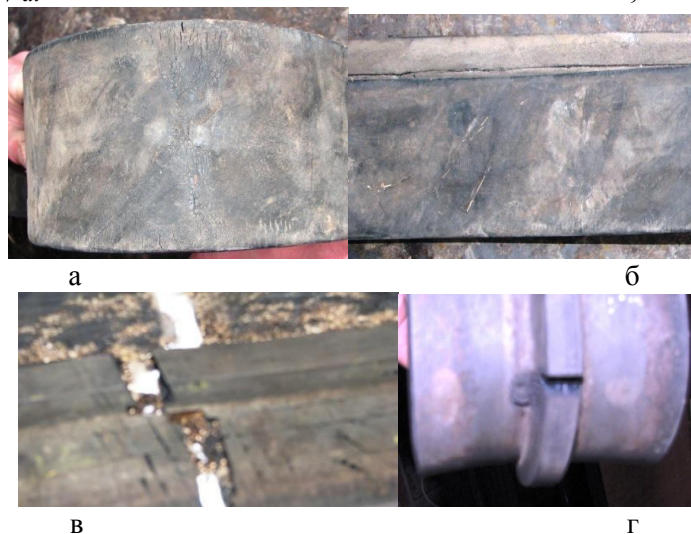


Рис. 4. Види пошкоджень браального пасу: а – поперечні тріщини; б – поздовжні втомні тріщини; в – розрив основи; г – тріщини трапецеподібних виступів

Система рівнянь (7) повинна розв'язуватись при наступних початкових умовах  $p_i(t) \geq 0$  ( $i=1,2,\dots,6$ ).

Рівняння для фінальних ймовірностей записується виходячи з мнемонічного правила: для стаціонарного режиму сумарний потік ймовірностей, які переводять систему  $S$  в стан  $S_i$  дорівнює сумарному потоку ймовірності, що виводить систему зі стану  $S_i$ . З урахуванням сказаного система (7) набуде вигляду:

$$\left. \begin{aligned} 0 &= p_2 \cdot \mu_{21} + p_3 \cdot \mu_{31} + p_4 \cdot \mu_{41} + p_5 \cdot \mu_{51} + p_6 \cdot \mu_{61} - \\ &\quad - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15} + \lambda_{16}) \cdot p_1; \\ 0 &= \lambda_{12} \cdot p_1 - \mu_{21} \cdot p_2; \\ 0 &= \lambda_{13} \cdot p_1 - \mu_{31} \cdot p_3; \\ 0 &= \lambda_{14} \cdot p_1 - \mu_{41} \cdot p_4; \\ 0 &= \lambda_{15} \cdot p_1 - \mu_{51} \cdot p_5; \\ 0 &= \lambda_{16} \cdot p_1 - \mu_{61} \cdot p_6. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Рівняння (8) – балансова умова оцінки ймовірностей переходів системи в стаціонарному режимі. Для розв'язку системи використовується нормуюча умова.

Визначаємо ймовірність входу в певний стан:

$$\left. \begin{aligned} p_2 &= \frac{\lambda_{12} \cdot p_1}{\mu_{21}}; \\ p_3 &= \frac{\lambda_{13} \cdot p_1}{\mu_{31}}; \\ p_4 &= \frac{\lambda_{14} \cdot p_1}{\mu_{41}}; \\ p_5 &= \frac{\lambda_{15} \cdot p_1}{\mu_{51}}; \\ p_6 &= \frac{\lambda_{16} \cdot p_1}{\mu_{61}}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Нормуюча умова для записаних рівнянь Колмогорова:

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1. \quad (10)$$

Підставивши в дану умову вирази для визначення  $p_2, p_3, p_4, p_5, p_6$  маємо:

$$p_1 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{12}}{\mu_{21}} + \frac{\lambda_{13}}{\mu_{31}} + \frac{\lambda_{14}}{\mu_{41}} + \frac{\lambda_{15}}{\mu_{51}} + \frac{\lambda_{16}}{\mu_{61}}}. \quad (11)$$

Рівність (11) являє собою вираз для визначення ймовірності знаходження складної технічної системи «льонобралка» в робочому стані.

Підставивши вираз (11) у відповідні вирази системи (9) визначимо ймовірність переходу системи у певні стани.

Висновки: Отриманні нами залежності (9) та (11) дають змогу визначити ймовірність знаходження технічної системи «льонобралка» в робочому стані, кількісно оцінити вплив надійності окремих функціональних елементів на надійність технічної системи «льонобралка», а отже і намітити шляхи подальшого вдосконалення конструкції.

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы. Методология. – М.: Наука, 1980. – 208 с.
2. Половко А.М. Основы теории надежности. – М., 1964. – 184 с.
3. Налобіна О.О., Герасимчук О.П. Аналіз факторів впливу на динаміку відмов льонобралки типу ТЛН-1,5// Науковий вісник ніжинського агротехнічного інституту. - 2009.- с.102-106.
4. Налобіна О.О., Герасимчук О.П. Дослідження динаміки відмов льонобралки типу ТЛН-1,5 ./ О.О. Налобіна, О.П. Герасимчук //Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб.наук. праць. Випуск 13(27). Книга 1.- Дослідницьке, 2009.- С. 406-411.