

УДК 631.31

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВІДНОВЛЮЄМИХ НЕРЕЗЕРВОВАНИХ ПІДСИСТЕМ СЕКЦІЇ ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСІВУ

Бойко А.І., д. т. н.,
Очеретько І.В., здобувач*
Тел. (0619) 42-04-42

Анотація - проведено основні дослідження по визначенню показників надійності відновлюємих нерезервованих підсистем секції для прямого посіву. В дослідженні прийнята комбінована двопозиційна форма позначення складових і їх станів.

Ключові слова – нерезервовані підсистеми секції, прямий посів, технічна механічна система.

Вступ. Посівна секція сівалки прямого посіву представляє собою багатофункціональний пристрій, що реалізує повний комплекс операцій по попередній підготовці поля, проведенню посіву і заробки насіння у ґрунт. Всі ці операції виконуються відповідними робочими органами, які в процесі експлуатації по різним причинам втрачають роботоздатність і відновлюються після проведення технічного огляду і ремонту.

Основна частина. Згідно блок-схеми надійності посівної секції як технічної механічної системи, в своїй основній побудові вона представляє послідовне з'єднання підсистем і елементів [1, 2]. Тому без аналізу і раціонального розподілу показників надійності по складовим системи, а також вживання додаткових конструктивних засобів по забезпеченню надійності відмова любого із елементів посівної секції приводить до відмови всього пристрою.

Посівна секція може бути в неробочому стані, в стані відновлення по різним причинам, пов'язаним з відмовами різних елементів і підсистем [2]. Найкраще уявлення про перехід системи в різні можливі стани дає граф переходів. Загальний граф переходів посівної секції в можливі стани представлено на рис. 1.

В дослідженні прийнята комбінована двопозиційна форма позначення складових і їх станів ij . Перша цифра ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$) включає порядковий номер елементу(підсистеми), друга ($j=0,1,2$) їх стан: j_0 – роботоздатний, коли всі елементи (підсистеми) розглядуємої

групи знаходяться в роботоздатному стані; $j=1$ – відмова базового (основного) елемента (підсистеми); $j=2$ – відмова всіх елементів групи (включаючи резервні), що веде до відмови всієї системи).

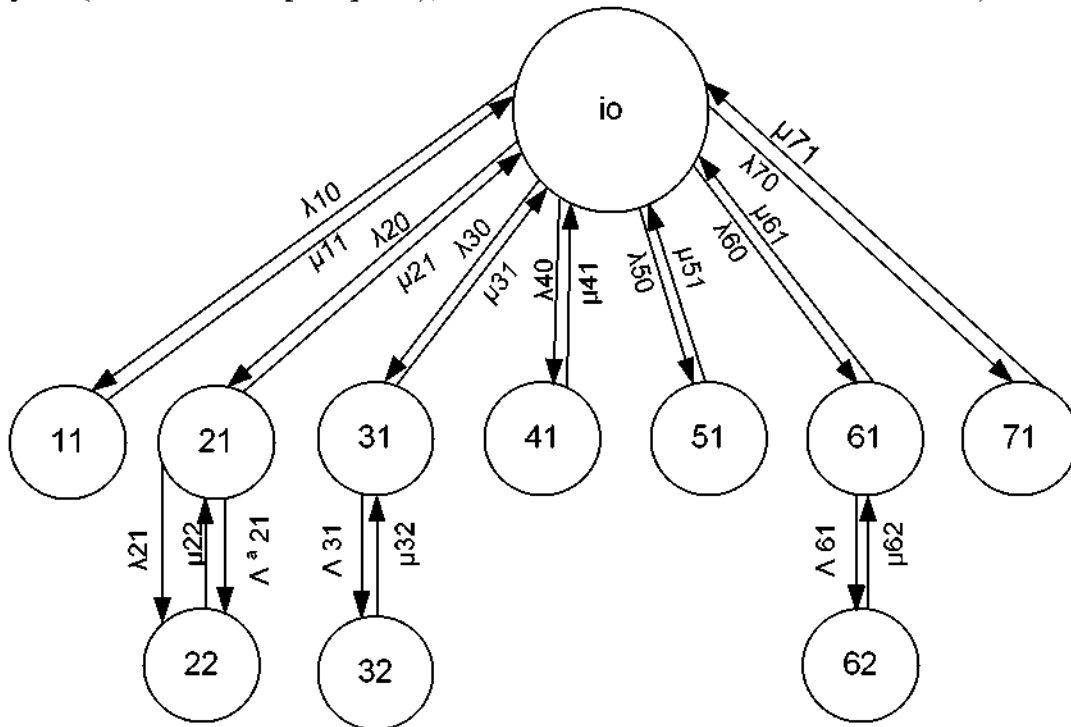


Рис 1. Графік переходів посівної секції із стану в стан при втраті роботоздатності і відновленнях:

11 – зубчастого колеса; 21, 22 – ріжучого елемента (ножа); 31, 32 – сошника; 41 – загортачів; 51 – прикотуючих котків; 61, 62 – висівного апарату; 71 – насіннепровода

Граф переходів є графічною інтерпретацією можливих станів посівної секції при різних видах відмов її складових.

Для розрахунку показників надійності посівної секції, як технічної механічної системи, доцільно розглянути кожен із складових системи і її вклад в загальний рівень надійності. Такий підхід передбачає застосування поелементного методу.

Як видно з загального графіку, найпростіші переходи із стану в стан мають елементи (підсистеми) $i=1, 4, 5$ і 7 , що характеризуються марківськими потоками втрати роботоздатності і послідовних відновлень. Вони мають свої інтенсивності протікання $\lambda_{ij}, i, \mu_{ij}$, а також ймовірності знаходження в тому чи іншому стані $P_{ij}(t)$. Їх переходи можуть бути представлені спрощеним графом (рис.2), що представляє фрагмент від загального графу станів всієї системи.

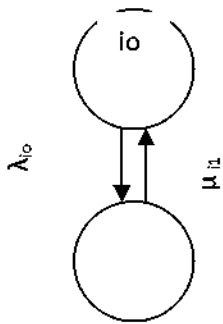


Рис 2. Граф переходів із робочого в неробочий стан ($0 \rightarrow 1$) і із неробочого в робочий ($1 \rightarrow 0$) елементів ($i=1,4,5,7$) при відновленнях

Для даних елементів (підсистем) враховуючи характерні їм інтенсивності переходів, диференціальні рівняння динамічного балансу імовірності (рівняння Колмогорова) можна записати слідуючим чином.

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_{i0}(t) = -\lambda_{i0} P_{i0}(t) + \mu_{i1} P_{i1}(t); \\ \frac{d}{dt} P_{i1}(t) = -\mu_{i1} P_{i1}(t) + \lambda_{i0} P_{i0}(t). \end{cases} \quad (1)$$

Виходячи з того, що ймовірності відмови і відновлення для елементів системи складають повну групу подій додатковою до системи рівнянь (1) є нормуюча умова:

$$P_{i0}(t) + P_{i1}(t) = 1 \quad (2)$$

Інформаційними показниками, що найбільш повно характеризують надійність підсистем (елементів), які можуть знаходитись у двох дискретних станах (робочому і відновленні) слід вважати:

- ймовірність безвідмовної роботи;
- середній час роботи між відмовами;
- середній час відновлення;
- коефіцієнт готовності.

Значення коефіцієнта готовності в стаціонарних умовах роботи підсистем і елементів знаходиться безпосередньо з системи динамічного балансу ймовірностей, враховуючи, що для сталого режиму.

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_{i0}(t) = 0; \\ \frac{d}{dt} P_{i1}(t) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Тоді з системи (1) маємо:

$$\begin{cases} \lambda_{i0} \cdot P_{i0}(t) = \mu_{i1} \cdot P_{i1}(t); \\ \mu_{i1} \cdot P_{i1}(t) = \lambda_{i0} \cdot P_{i0}(t). \end{cases} \quad (4)$$

Коефіцієнт готовності відображає ймовірність знаходження елемента в робочому стані. В даному випадку він дорівнює:

$$K_{zi} = P_{io}(t). \quad (5)$$

З першого рівняння системи маємо:

$$P_{il}(t) = \frac{\lambda_{io} P_{io}(t)}{\mu_{il}}. \quad (6)$$

Використовуючи нормовочну умову (2) на підставі (6) запишемо:

$$P_{io}(t) + \frac{\lambda_{io} P_{io}(t)}{\mu_{il}} = 1. \quad (7)$$

Рішенням отриманого рівняння (7) відносно $P_{io}(t)$ є:

$$P_{io}(t) \left(1 + \frac{\lambda_{io}}{\mu_{il}}\right) = 1. \quad (8)$$

Звідкіля

$$P_{io}(t) = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{io}}{\mu_{il}}}, \quad (9)$$

або

$$P_{io}(t) = \frac{\mu_{il}}{\lambda_{io} + \mu_{il}} = \frac{T_{io}}{T_{io} + \tau_{io}}, \quad (10)$$

де, $T_{io} = 1/\lambda_{io}$ – середній час роботи i -го елемента підсистеми між відмовами;

$\tau_{io} = \frac{1}{\mu_{io}}$ – середній час відновлення i -го елемента або

підсистеми.

Звідкіля:

$$K_{zi} = P_{oi}(t) = \frac{T_{io}}{T_{io} + T_{io}} \quad (11)$$

Таким чином для розглянутих підсистем (елементів) ($i=1,4,5,7$) з характерними дискретними станами роботи і відновлення в стаціонарному режимі експлуатації при визначенні коефіцієнта готовності підтвердились відомі співвідношення періодів роботи і простою.

Ймовірність безвідмовної роботи підсистем і елементів, що пошкоджуються миттєво в аварійному режимі ($i=1,4,5,7$) знаходяться прямим інтегруванням першого рівняння системи (1) без урахування потоку відновлень ($\mu_{il}=0$). Тоді:

$$\frac{d}{dt} P_{io}(t) = -\lambda_{io} P_{io}(t). \quad (12)$$

Для рішення диференційного рівняння введемо перетворення Лапласа, враховуючи початкову умову, що при $t=0$, $P_{io}(t)=1$.

Правомірним допустити, що підсистеми (елементи) посівної секції починають експлуатуватись з роботоздатного стану.

Тоді рівняння можна записати у вигляді:

$$-1 + S\varphi_{i_0}(S) = -\lambda_{i_0}\varphi_{i_0}(S). \quad (13)$$

Рішення рівняння відносно $\varphi_{i_0}(S)$ приводить до виразу:

$$\varphi(S) = \frac{1}{\lambda + S}. \quad (14)$$

Звідкіля зворотнім перетворенням Лапласа переходячи до оригіналу маємо:

$$P_{i_0}(t) = \exp(-\lambda t). \quad (15)$$

Отримано експоненціальний закон надійності, характерний для механічних систем, який підкреслює, що для раптових аварійних пошкоджень складових посівної секції ($i=1, 4, 5, 7$) при формуванні марківського потоку відмов, інтервали часу роботи відповідають експоненціальному розподілу.

Середній час роботи до відмов для розглядаємих підсистем (елементів) з рівняння (16) дорівнює:

$$T = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda t) dt = 1/\lambda \quad (16)$$

По аналогії середній час відновлення цих же підсистем (елементів) може бути знайдений шляхом вирішення другого рівняння системи (1) без урахувань періодів роботоздатного стану. Тоді можна записати:

$$\frac{d}{dt} P_{i1}(t) = \mu_{i1} P_{i0}(t). \quad (17)$$

В перетвореннях Лапласа маємо:

$$-1 + S j_{i1}(S) = -\mu_{i1} j_{i0}(S). \quad (18)$$

Звідкіля:
$$\varphi_{i1}(S) = \frac{1}{S + \mu_{i1}}. \quad (19)$$

Або переходячи до оригіналу отримаємо експоненціальний закон розподілу часу відновлень:

$$P_{i1}(t) = \exp(-\mu_{i1} t). \quad (20)$$

Інтегрування отриманого рівняння визначає середній час відновлень:

$$\tau_{i1} = \int_0^{\infty} \exp(-\mu_{i1} t) dt = \frac{1}{\mu_{i1}}. \quad (21)$$

Висновки.

1. Таким чином показники надійності відновлюємих підсистем(елементів) посівної секції з дискретними робочим і

неробочим станами, що характерно для раптових аварійних пошкоджень, описується відповідними рівняннями (11, 15, 16 і 21).

2. Надійність кожної з підсистем(елементів) вносить свій вклад в загальний рівень надійності всієї системи, а їх показники необхідно враховувати при забезпеченні рівня надійності конструкції посівної секції.

Література

1. *Бойко А.І.* Системний аналіз функціонування сошника прямого посіву. / *А.І. Бойко, І.О. Лісовий* // Зб. наук. праць ХНТУСГ. – Харків. – 2008. – Вип.70. – С. 175-178.
2. *Бойко А.І.* Структурний аналіз функціонування посівної секції сівалки прямого посіву / *А.І.Бойко, І.В. Очеретько* // Зб. наук. праць КНТУ. – Вип.39. – Кіровоград. – 2009. – С. 27-36.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ НЕРЕЗЕРВИРОВАННЫХ ПОДСИСТЕМ СЕКЦИИ ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА

Бойко А.И., Очеретько И.В.

Аннотация - проведен обзор и анализ основных показателей надежности восстанавливаемых нерезервированных подсистем секции для прямого посева.

DETECTION OF SAFETY FACTORS OF RECOVERABLE NONREDUNDANT SUBSYSTEMS OF SOWING FOR STRAIGHT SOWING

A. Boyko, I. Ocheret'ko

Summary

It is conducted review and analysis of basic reliability of update unreserved subsystems of section indexes for the direct sowing.