

6. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

УДК.629.083

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЯКІСНОГО І КІЛЬКІСНОГО ПРИРОСТУ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

В.В. Аулін, д-р. техн. наук, проф.,

А.В. Гриньків, канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Підвищення експлуатаційної надійності є важливим науково-технічним завданням, тому дослідні системи необхідно розглядати з умов значимості кожного її елементу. Значимість елемента дає можливість досліднику вибрати ті елементи підвищення надійності яких на величину ΔP_i забезпечує приріст надійності всієї системи [1-2]. В залежності від значимості i -го елементу, що характеризується частинною похідною від ймовірності безвідмовної роботи систем та агрегатів за ймовірності безвідмовної роботи:

$$\Delta P_c = \xi_i \Delta P_i. \quad (1)$$

Досягнення необхідної величини надійності реалізується двома шляхами: підвищувати якість елементної бази (кращі матеріали, технології виготовлення, нові конструкції і т. д.) або вводити структурну надмірність за допомогою резервування. В тому і іншому випадку отримують якісний $\Delta P_c^{як}$ і кількісний $\Delta P_c^{квл}$ прирости.

В ідеальному випадку, при високій надійності елементів, мінімально необхідної є структура у вигляді послідовного ланцюжка елементів. Це обумовлює найкоротший шлях успішного функціонування. За нульовий рівень і початок відліку якісного збільшення надійності доцільно прийняти структуру одного найкоротшого шляху успішного функціонування при рівнонадійних елементах з $P_i = 0.5$. При цьому значущість елементів подається через їх вагові коефіцієнти:

$$\xi_i = g_i = 2^{-m+1}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

а ймовірність безвідмовної роботи системи чисельно дорівнює вазі логічної функції працездатності системи:

$$P_c = g_{y(x_m)} = 2^{-m}. \quad (3)$$

Реальні елементи перевершують по безвідмовності величину $P_i = 0.5$. Якісний приріст системи від будь-якого елемента [3-6] легко розрахувати за формулою (1), з урахуванням формули (2). Збільшення надійності системи від всіх елементів можна розрахувати за формулою:

$$\Delta P_c^{як} = 2^{-m+1} \sum_{i \in C_m^1} \Delta P_i + 2^{-m+2} \sum_{i, j \in C_m^2} \Delta P_i \Delta P_j + \dots + 2^{-m+k} \sum_{i, j, \dots, k \in C_m^k} \Delta P_i \Delta P_j \dots \Delta P_k + \Delta P_1 \Delta P_2 \dots \Delta P_m, \quad (4)$$

де $\Delta P_i = P_i - 0.5$ - приріст надійності i -го елемента в порівнянні з початковою величиною 0,5; C_m^k - число сполучень елементів із m по k , тобто підсумування проводиться по всіх наборах елементів з вказаними індексами i, j, \dots, k . У випадку однакової надійності всіх елементів системи, вираз (4) набирає вигляд:

$$\Delta P_c^{як} = \sum_{i=1}^m c_m^i 2^{-m+1} (\Delta P)^i \quad (5)$$

За нульовий рівень якісного підвищення надійності електронних систем можна прийняти рівень досягнутий до початку дослідного часу. Очікуване підвищення надійності всієї системи за рахунок підвищення якості всіх її елементів можна підрахувати за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta P_c^{як} = & \sum_{i \in C_{m^1}} \frac{\partial P_c}{\partial P_i} \Delta P_i + \sum_{i, j \in C_{m^2}} \frac{\partial P_c}{\partial P_i \partial P_j} \Delta P_i \Delta P_j + \\ & + \sum_{i, j, \dots, k \in C_{m^k}} \frac{\partial P_c}{\partial P_i \partial P_j \dots \partial P_k} \Delta P_i \Delta P_j \dots \Delta P_k + \\ & + \Delta P_1 \Delta P_2 \Delta P_3 \dots \Delta P_m \end{aligned} \quad (6)$$

Якщо якийсь блок електронної системи складається з однакових елементів, то маємо:

$$\Delta P_c^{як} = \sum_{j=1}^m c_m^j \frac{\partial^j P_c}{\partial P_i \dots \partial P_k} (\Delta P)^j; \quad (7)$$

$i, \dots, k \in C_m^j.$

Зазначимо, що у виразах (6) і (7) використовуються змішані частинні похідні, які визначаються за правилами звичайного диференціювання і відображають спільний вплив відповідних елементів на надійність всієї електронної системи.

При дублюванні i -го елемента системи однотипним елементом надійність ланки зростає на величину:

$$\Delta P_{\lambda} = P_i^{дубл} - P_i = 2P_i - P_i^2 - P_i = P_i Q_i, \quad (8)$$

а вся система отримає кількісне збільшення надійності:

$$\Delta P_c^{кл} = \xi_i \Delta P_{\lambda} = \xi_i P_i Q_i \quad (9)$$

Формула (8) вказує, що кількісне збільшення залежить не тільки від значущості, а й від величини надійності самого дубльованого елемента. Залежність підвищення надійності ланки ΔP_{λ} (9) від приросту надійності дубльованого елемента P_{in} приведена на рис. 1 і показує, що найбільший ефект резервування буде при $P_i = Q_i = 0.5$. Ухвалення нульового рівня з надійністю елементів $P_i = 0.5$ зручно забезпечує однозначність кривої (9), оскільки використовується тільки права гілка параболи на ділянці $0.5 \leq P_i \leq 1.0$.

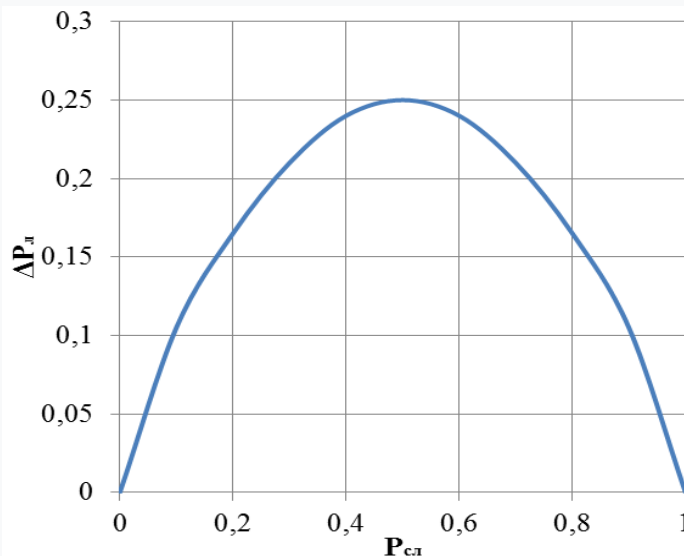


Рисунок 1 – Залежність підвищення надійності ланки системи від приросту надійності дубльованого елемента

У загальному випадку при дублюванні відразу декількох елементів, аж до максимально можливого їх числа отримаємо кількісне збільшення надійності всієї системи на величину:

$$\Delta P_c^{kil} = \sum_{i \in C_{m^1}} P_i Q_i \frac{\partial P_c}{\partial P_i} + \sum_{i,j \in C_{m^2}} P_i P_j Q_i Q_j \frac{\partial^2 P_c}{\partial P_i \partial P_j} + \dots +$$

$$+ \sum_{i,j,\dots,k \in C_{m^k}} P_i P_j \dots P_k Q_i Q_j \dots Q_k \frac{\partial^k P_c}{\partial P_i \partial P_j \dots \partial P_k} + P_1 P_2 \dots P_m Q_1 Q_2 \dots Q_m \quad (10)$$

Введення понять якісного і кількісного компонент дає можливість уявити надійність всієї системи у вигляді суми початкової надійності і складових її якісного і кількісного збільшень [7-10]. Таке розбиття дає можливість сформулювати відповідні заходи підвищення експлуатаційної надійності.

Список літератури

19. Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Випуск 158. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Харків. 2015. С.252-262.
20. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів. Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосп. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2016. №29. С. 25-32.
21. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С.36-41.
22. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості. Вісник інж. академії України. 2015. №3. С. 66-72.
23. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лукашук А.П., Чернай А.С. Формування діагностичної бази даних трансмісії транспортних машин за критерієм статистичної інформативності. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2018 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2018. С. 308-311.
24. Аулін В.В., Гриньків А.В. Реалізація удосконалення стратегії технічної експлуатації засобів транспорту та її техніко-економічна оцінка. Актуальні задачі сучасних технологій. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листопада 2017 р.). Том III. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. С.12-13.
25. Аулин В.В., Гринькив А.В. Связь информационной энтропии с показателями надежности агрегатов и транспортных средств. Материалы X между. научно-техн. конф. "Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта, ПГУАС. г. Пенза. 2015. С.39-44.
26. Аулін В.В., Гриньків А.В., Черновол М.І. Узгодження зміни технічного стану з раціональним вибором об'єкту діагностування. Вісник інж. академії України. 2015. №2. С. 182-188.
27. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 28. Кіровоград: КНТУ, 2015. С 126-131.
28. Аулин В.В., Гринькив А.В. Использование теоретико-информационного подхода для анализа технического состояния топливной системы автомобиля. "MOTROL" journal according of the Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, CULS. 2016. Vol.18. №2. p.63-69.