

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***VI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
112-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***21-22 лютого 2019 року
м. Київ***

УДК 62-192(075)

ПРОГНОЗУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ СИСТЕМ ПРИ ПУАССОНОВСЬКОМУ ПОТОЦІ НАВАНТАЖЕНЬ

О. І. АЛФЬОРОВ, кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка
E-mail: alfogor@i.ua

Будь-який об'єкт в теорії надійності може розглядатися як елемент або як система, що складається з елементів, що утворюють певну структуру в сенсі надійності. За структурою системи, в яких виникають механічні відмови, діляться на послідовні (рис.1, а) і відмовостійкі, в тому числі паралельні (рис.1, б) і мають резерв живучості (рис.1, в).

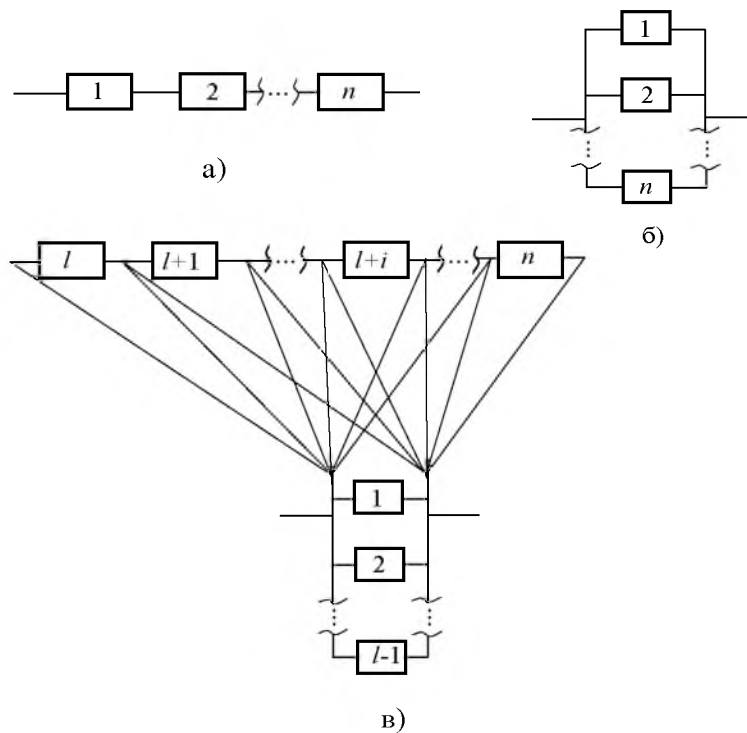


Рис. 1. Схеми структур багатоеlementних систем: а) послідовна; б) паралельна; в) з навантаженим резервом живучості

Відмова послідовної в сенсі надійності системи настає при відмові будь-якого, хоча б одного з її елементів. Такі системи не мають резерву відмовостійкості (живучості) і тому надійність системи визначається надійністю кожного з елементів, а також їх кількістю. У системи з паралельною структурою відмова настає в разі відмови всіх її елементів. Паралельна структура при обмеженій загальній кількості елементів забезпечує навантажений резерв надійності у системи. У механічних системах паралельна структура в чистому вигляді застосовується рідко через складність конструктивної реалізації і підвищених витратах. Тому часто в машинах замість

навантаженого резерву фактично використовують ненавантажене резервування заміщенням, вважаючи відмови замінних елементів для системи некритичними, тобто такими, які не завдають істотної шкоди і втрат.

Узагальненням послідовної і паралельної варіантів структури систем є структура з навантаженим резервом живучості (рис.1, в), при якій в системі, що складається з n однотипних елементів, критична відмова настає при одночасній відмові будь-яких l елементів. Якщо $l \ll n$, то умови навантаження елементів в такій системі мало змінюються аж до настання критичної відмови. У цих системах допустимо виконувати певну кількість замін (відновлень) елементів, щоодночасно відмовили без виникнення загрози безпеки, значних матеріальних збитків або інших неприйнятних наслідків. Властивість системи зберігати обмежену працездатність при наявності відмов її складових частин називають живучістю [1, 2]. З рис.1 очевидно, що при $l = 1$ структура багатоеlementної системи є послідовною, а при $l = n$ паралельною.

У разі стаціонарного пуассоновського потоку екстремальних навантажень, що впливають спільно і одночасно на елементи послідовної системи з функціями розподілу навантаження і несучих здібностей виду[3]:

$$F(P_H) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{P_H}{a_H}\right)^b\right];$$

$$G_i(P_{mi}) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\theta_i P_{mi}}{a_{mi}}\right)^b\right]; \quad i = 1, 2, \dots, n,$$
(1)

залежність ймовірності безвідмовної роботи послідовної системи від напрацювання буде мати вигляд:

$$R_c(t) = \int_0^1 e^{-\omega_o t (1-G)^{K_c^b}} dG,$$
(2)

де $K_c = a_H^{-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{\theta_i}{a_{mi}}\right)^b\right)^{-1/b}$, $\theta = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b_H}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{b_H}\right)}$,

a и b – параметри закону Вейбулла,

ω_o - інтенсивність пуассоновського потоку навантажень.

Розглядаючи варіант системи з n рівнонадійних елементів з коефіцієнтами запасу, з (2) отримаємо для ймовірності безвідмовної роботи вираз:

$$R_c(t, n) = \int_0^1 e^{-\omega_o t (1-G)^{\frac{\bar{K}^b}{n}}} dG.$$
(3)

Виходячи з (3) можна отримати вираз для прогнозування ймовірності безвідмовної роботи послідовної системи при спільному навантаженні в аналітичному вигляді:

$$R_c(t, n) = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{n}{\bar{K}^b}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{n}{\bar{K}^b}, \omega_o t\right)}{(\omega_o t)^{\frac{n}{\bar{K}^b}}} + e^{-\omega_o t}. \quad (4)$$

Ймовірноснообгрунтований коефіцієнт запасу елемента послідовної системи в разі спільного навантаження може бути визначений за формулою:

$$\bar{K}_\gamma = \left(\frac{n \ln \omega_o t_\gamma}{\ln 1/\gamma} \right)^{1/b}, \quad \text{при } \omega_o t_\gamma \geq 10. \quad (5)$$

Для збереження постійним, тобто таким, як у одного елемента, рівня безвідмовності у послідовної системи при збільшенні числа її елементів необхідно підвищувати коефіцієнти запасу у елементів в $n^{1/b}$ раз.

Список літературних джерел

1. Диллон Е. Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. - М.: Мир, 1984. - 318 с.
2. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. - 88 с.
3. Гринченко А.С., Алфєров А.И. Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок / Гринченко О.С., Алфєров О.И. – Х. ТОВ «Планета - Принт», 2017. – 136 с.