

Надежность систем в комплексах с восстановлением и абсолютным приоритетом в обслуживании элементов систем с минимальным резервом при большой нагрузке

А. В. Макаричев*, В. А. Макаричев†

* Кафедра транспортных систем и логистики,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
ул. Ярослава Мудрого, 25, Харьков, Украина, 61002

† Кафедра высшей математики и системного анализа,
Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»,
ул. Чкалова, 17, Харьков, Украина, 61070

Аннотация. Рассмотрена надежность восстанавливаемых систем в комплексах с абсолютным приоритетом в обслуживании элементам из систем с минимальным резервом при любой допустимой нагрузке.

Ключевые слова: надежность систем в комплексах, абсолютный приоритет в обслуживании элементов из систем с минимальным резервом.

1. Введение

В настоящей работе продолжается исследование, связанное с идеей приоритета в ремонтном обслуживании элементов из систем с минимальным числом резервных элементов, которая с точки зрения возвращения восстановленных элементов в системы с минимальным резервом была рассмотрена в работе [1].

2. Основная часть

Рассмотрим комплекс из N восстанавливаемых систем. Интенсивность отказа элементов из каждой систем равна λN^{-1} . Обслуживание отказавших элементов идет в порядке поступления с абсолютным приоритетом для элементов из систем с максимальным числом отказавших элементов и дообслуживанием прервавших свое обслуживание элементов в однолинейной системе массового обслуживания (РО). Пусть $G(x)$ - функция распределения времени обслуживания отказавшего элемента. Отказ системы наступает в случае отказа $n + 1$ элементов из этой системы. Отказ комплекса наступает в случае отказа хотя бы одной из систем комплекса. Обозначим

$$m_k = \int_{x \geq 0} x^k dG(x),$$

а $\rho = \lambda m_1$ нагрузку на систему обслуживания.

Пусть

$$b_{n-1}^G = \int_{x \geq 0} \left(\frac{\lambda}{N} \right) \left(\frac{\lambda x}{N} \right)^{n-1} \frac{\exp\left(-\frac{\lambda x}{N}\right)}{(n-1)!} [1 - G(x)] dx,$$

$$b_0^{G_{ocm}} = \frac{\lambda}{N} \int_{x \geq 0} \exp\left(-\frac{\lambda x}{N}\right) \int_{t > x} \frac{1 - G(t)}{m_1} dt dx,$$

$$\lambda_- = \lambda - \frac{\lambda}{N}, \quad \rho_- = \lambda_- m_1.$$

Обозначим через τ_j время от момента, когда в РО нет на обслуживании неисправных элементов до отказа j -й системы комплекса.

Теорема. Пусть $\rho < 1$ и существует конечный момент $m_2 < \infty$. Тогда

$$P\{\Lambda \tau_j > x\} \rightarrow \exp(-x) \text{ при } \frac{\lambda m_2}{N m_1 (1 - \rho)^{1,5}} \rightarrow 0,$$

где $\Lambda_j^- \leq \Lambda \leq \Lambda_j^+$,

$$\Lambda_j^- = \frac{(1 - \rho)}{(1 - \rho_-)} \frac{\lambda}{N} \left[b_{n-1}^{(G)} + \rho_- b_0^{(G_{ocm})} b_{n-2}^{(G)} + \frac{\lambda_- m_2}{2(1 - \rho_-)} b_0^{(G)} b_{n-2}^{(G)} \right],$$

$$\Lambda_j^+ = \frac{\lambda}{N} \left[b_{n-1}^{(G)} + \rho b_0^{(G_{ocm})} b_{n-2}^{(G)} + \frac{\lambda m_2}{2(1 - \rho)} b_0^{(G)} b_{n-2}^{(G)} \right], 1 \leq j \leq N.$$

3. Заключение

Приведенные оценки для интенсивности отказов систем в комплексах восстанавливаемых систем с абсолютным приоритетом в обслуживании отказавших элементов из систем с минимальным резервом позволяют определить возможный эффект от использования этого обслуживания в сравнении с обычным обслуживанием отказавших элементов в порядке их поступления при любой допустимой нагрузке.

Литература

1. Макаричев А. В. Оптимальное распределение элементов в комплексе восстанавливаемых систем с холодным резервом // Теория вероятностей и ее применения. — 1995. — Т. 40, вып. 1. — Р. 84–95.

Reliability Of Systems in Complexes with the Restoration and the Absolute Priority of Service Elements with Minimal Reserve Systems Under Heavy Load

A. V. Makarichev*, V. A. Makarichev†

* *Department of Transportation Systems and Logistics,
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Yaroslav Mudry str. 25, Kharkiv, 61002, Ukraine*

† *Department of Higher Mathematics and System Analysis,
N. Ye. Zhukovsky National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute»,
Chkalov str. 17, Kharkiv, 61070, Ukraine*

Reliability of systems in complexes with the restoration and the absolute priority of service elements with minimal reserve systems under heavy load are considered.

Keywords: reliability of systems, the absolute priority of service elements with minimal reserve systems.