

# 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  $\lambda N^{-1}$ . 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  $\tau_j$  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.

UDC 519.21

## 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.