

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ГРУППА ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ИЕЕЕ
АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ООО «ОТКРЫТЫЕ РЕШЕНИЯ»
ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ

*XXII Международная
научно-техническая конференция*

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ
В ОБРАЗОВАНИИ, УПРАВЛЕНИИ,
ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

Декабрь 2022 г.

Пенза

УДК 004
ББК 32.81я43+74.263.2+65.050.2я43
П781

П781 **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ,
УПРАВЛЕНИИ, ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ :**
сборник статей XXII Международной научно-технической
конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2022. – 356 с.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

Под редакцией *В.И. Горбаченко*, доктора технических наук,
профессора;
В.В. Дрождина, кандидата технических наук,
профессора

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Рос-
сийского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору
№ 573-03/2014К от 18.03.2014.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

© Пензенский государственный
университет, 2022
© АННМО «Приволжский Дом знаний», 2022

*XXII International
scientific and technical conference*

**PROBLEMS OF INFORMATICS
IN EDUCATION, MANAGEMENT,
ECONOMICS AND TECHNICS**

December, 2022

Penza

Библиографический список

1. Григорьев В.А., Лебедев В.В., Чернышев О.Л. Экспертные системы в автоматизации и проектировании: учебное пособие. Тверь: ТвГТУ, 2015.

**Лебедев
Владимир Владимирович
Неведомский
Александр Николаевич
Хабаров Алексей Ростиславович**
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

**Lebedev V. V.
Nevedomskiy A. N.
Habarov A. R.**
Tver State Technical University,
Tver, Russia

УДК 004.42

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
НАДЁЖНОСТИ НЕРЕЗЕРВИРОВАННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ**

В.В. Лебедев, Ю.Н. Матвеев, К.А. Карельская

**RELIABILITY STUDY SOFTWARE NON-RESERVED TECHNICAL
SYSTEM**

V. V. Lebedev, Y.N. Matveev, K.A. Karelskaya

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы эксплуатационной пригодности технической системы и вероятность её безотказной работы. Приводятся исследования надёжности восстанавливаемой нерезервированной системы.

Ключевые слова: показатели надёжности, техническая система, структурное резервирование, функции риска, интенсивность отказа.

Abstract. The article discusses the issues of operational suitability of a technical system and the likelihood of its trouble-free operation. Investigations of the reliability of the restored non-redundant system are presented.

Key words: reliability indicators, technical system, structural redundancy, risk functions, failure rate.

Основными показателями надёжности восстанавливаемых технических систем являются: наработка на отказ T , функция готовности $K_r(t)$ и коэффициент готовности K .

В общем случае эти показатели зависят от интенсивностей отказов и восстановлений элементов системы, времени ее непрерывной работы, вида и краткости резервирования. В случае нерезервированной системы они вычисляются по следующим формулам:

$$K_r(t) = \frac{\mu_c}{\lambda_c + \mu_c} + \frac{\lambda_c}{\lambda_c + \mu_c} e^{-(\lambda_c + \mu_c)t}, \quad (1)$$

$$K_r = \lim_{t \rightarrow \infty} K_r(t) = \frac{\mu_c}{\lambda_c + \mu_c}, \quad (2)$$

$$K_r = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\mu_i}}, \quad (3)$$

$$T = \frac{1}{\lambda_c}, \quad (4)$$

где $\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ – интенсивность отказа системы; μ_c – интенсивность восстановления системы.

Следует иметь в виду, что формула (1) является приближенной, погрешность которой зависит от исходных данных.

Граф состояний нерезервированной восстанавливаемой системы имеет вид, приведенный на рис. 1.

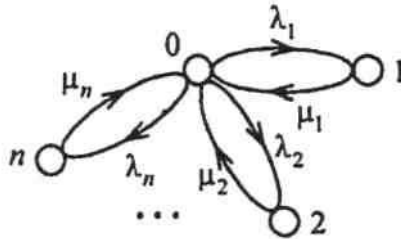


Рис. 1. Граф состояний нерезервированной восстанавливаемой системы

Функцию готовности системы можно определить следующими двумя способами.

1. Обозначим через $p_i(t)$ вероятность пребывания системы в момент времени t в состоянии i , $i = 0, 1, 2, \dots, n$. Тогда функционирование восстанавливаемой нерезервированной системы описывается следующей системой дифференциальных уравнений, составленной по графу состояний (рис. 1);

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda_c p_0(t) + \sum_{i=1}^n \mu_i p_i(t); \\ \frac{dp_i(t)}{dt} = \lambda_i p_0(t) - \mu_i p_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (5)$$

Система дифференциальных уравнений решается численными методами при следующих начальных условиях: $p_0(0) = 1$, $p_1(0) = p_2(0) = \dots =$

$p_n(0) = 0$. Тогда функция готовности системы равна вероятности ее исправного состояния, т.е. $K_r(t) = p_0(t)$.

2. Будем рассматривать нерезервированную систему как один элемент, имеющий интенсивность отказа λ_c и интенсивность восстановления μ_c . Тогда функционирование системы можно описать графом, изображенным на рис. 2.

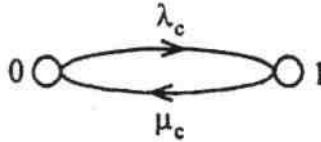


Рис. 2. Обобщенный граф состояний системы

Из графа следует, что система может находиться лишь в двух состояниях: исправном (0) и отказовом (1). Тогда ее функционирование можно описать следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda_c p_0(t) + \mu_c p_1(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_c p_0(t) - \mu_c p_1(t) \end{cases} \quad (6)$$

с начальными условиями: $p_0(0) = 1$, $p_1(0) = 0$. Решением этой системы является функция (1).

Восстанавливаемые системы – это системы многократного использования. В течение времени "жизни" они могут отказывать и ремонтироваться. Тогда общий риск системы можно вычислить по формуле:

$$R(t) = \int_0^t K_r(\tau) d\tau \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \quad (7)$$

Расчет функции готовности $K_r(t)$ является сложной задачей. Поэтому целесообразно пользоваться следующими двусторонними оценками для вычисления риска системы:

$$K_r(t) \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \leq R_t \leq t \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \quad (8)$$

где K_r – коэффициент готовности системы.

Исследование надёжности и риска незарезервированной технической системы, целесообразно выполнять в такой последовательности:

1. Определить наработку на отказ системы.
2. Исследовать функцию и коэффициент готовности системы.
3. Выполнить анализ риска системы.

Определим интенсивность отказа системы. В результате вычислений получим: $\lambda_c = \sum_{i=1}^n (i-1)^n \lambda_i = 3,524 \cdot [10]^{(-4)} [час]^{(-1)}$. Тогда на основании формулы (4) наработка на отказ будет равна $T = 1/\lambda_c = 2837,6844$

час. Исследование функции и коэффициента готовности системы. Определяем коэффициент готовности.

Для исходных данных нашей задачи получаем:

$$\sum_{i=1}^8 (i-1)^8 \lambda_i / \mu_i = 8,4368 \cdot [10]^{(-3)}, \quad \mu_c = \lambda_c / (\sum_{i=1}^8 (i-1)^8 \lambda_i / \mu_i) = 0,0418,$$

$$K_r = 1 / (1 + \sum_{i=1}^8 (i-1)^8 \lambda_i / \mu_i) = 0,9916,$$

$$K_r = \mu / (\lambda + \mu) = 0,9916.$$

Значения коэффициента готовности, вычисленные по формулам (2) и (3), полностью совпадают.

Определим теперь длительность переходного режима системы. Для этого увеличим диапазон табулирования функции, выбрав $t_n = 0$, $t_k = 100$, $dt = 10$.

При $t = T = 2837$ час функция и коэффициент готовности совпадают с точностью пять знаков после запятой. Из этих исследований вытекает важный для практики вывод: в течение времени t равного наработке на отказ, переходный режим функционирования восстанавливаемой системы заканчивается, и функция готовности практически совпадает с коэффициентом готовности.

Полученные результаты исследования системы позволили сделать следующие выводы. Восстанавливаемые нерезервированные технические системы в смысле надежности имеют следующие важные свойства:

1. Нарботка на отказ системы не зависит от восстановления и численно равна среднему времени ее безотказной работы. Это свойство присуще лишь таким системам, элементы которых имеют постоянные интенсивности отказов.

2. Функция готовности является убывающей функцией времени, при $t = 0$ $K_r(0) = 1$ и с ростом t убывает и стремится к постоянной величине, равной коэффициенту готовности. Это свойство также справедливо для систем, элементы которых имеют постоянные интенсивности отказов.

3. Коэффициент готовности зависит от отношений $\frac{\lambda_i}{\mu_i}$, $i = 1, 2, \dots, n$; чем меньше эти отношения, тем выше функция и коэффициент готовности.

4. Риск высоконадежной системы линейно возрастает со временем, определяется только надежностью техники и практически не зависит от интенсивности ее восстановления.

В заключение отметим, что указанные свойства надежности восстанавливаемой нерезервированной системы, полученные в результате исследования, полезно знать не только конструктору, занимающемуся разработкой компьютерных систем, но и инженеру, занимающемуся эксплуатацией технических систем.

Библиографический список

1. Григорьев В.А., Лебедев В.В., Хабаров А.Р. Автоматизация проектирования электронной аппаратуры: учебное пособие. Тверь: ТвГТУ, 2017. 212 с.

Лебедев
Владимир Владимирович
Матвеев
Юрий Николаевич
Карельская
Катерина Александровна
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

Lebedev V. V.
Matveev Y.N.
Karelskaya K.A.
Tver State Technical University,
Tver, Russia