

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

Оценку времени решения задачи двумя рассмотренными способами выполним путем разработки программ на языке C++ в среде программирования MSVisualStudio. Оценка выполнялась на случайных графах G размерности $n = 10..200$, $m = 15..500$ и $n < m$.

По результатам испытаний получены временные оценки в миллисекундах решения задачи определения количества компонентов связности графа, приведенные в таблице.

Размерность графа $n * m$	200 * 500	150 * 200	50 * 83	10 * 15
Вариант 1	176	67	11	0.029
Вариант 2	0.658	0.49	0.168	0.001

По результатам исследований можно сделать вывод, что эффективное решение большого числа небольших (микро) задач обработки данных позволяет повышать эффективность решения больших и сложных задач путем уменьшения времени их решения на несколько порядков.

Дрождин Владимир Викторович
Комаров Артем Юрьевич
Пензенский государственный
университет,
г. Пенза, Россия

Drozhdin V.V.
Komarov A.Yu.
Penza State University,
Penza, Russia

УДК 004.42

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРУКТУРНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Лебедев, А.Н. Неведомский, Ю.Н. Матвеев

SOFTWARE FOR STUDYING THE EFFICIENCY OF STRUCTURAL RESERVATION OF TECHNICAL SYSTEMS

V. V. Lebedev, A. N. Nevedomskiy, Y.N. Matveev

Аннотация. В статье рассматривается программное обеспечение для исследования свойств интенсивности отказа технической системы. Приводятся исследования выигрыша надёжности по вероятности отказа системы при общем резервировании и с постоянно включенным резервом.

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

Abstract. The article deals with software for studying the properties of the failure rate of a technical system. Investigations are given of the gain in reliability in terms of the probability of system failure with general redundancy and with a permanently switched on reserve.

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

Показателями эффективности различных методов обеспечения и повышения надежности могут быть выигрыш надежности по вероятности отказа $G_q(t)$ и выигрыш по среднему времени безотказной работы G_T . Выигрышем надежности называется отношение показателя надежности резервированной системы к соответствующему показателю надежности нерезервированной системы.

Так как для резервированной системы с постоянно включенным резервом вероятность и среднее время безотказной работы выражаются формулами

$$P_c(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^{m+1}, T_c = T_0 \cdot \sum_{i=1}^{m+1} \frac{1}{i}, \quad (1)$$

то соответствующие выигрыши имеют вид:

$$G_q(t) = \frac{Q_0(t)}{Q_c(t)} = \frac{1}{(1 - e^{-\lambda t})^{m+1}} \quad (2)$$

$$G_T = \frac{T_c}{T_0} = \sum_{i=1}^{m+1} \frac{1}{i} \quad (3)$$

В формулах приняты обозначения:

$Q_0(t), T_0$ — вероятность отказа и среднее время безотказной работы исходной (основной) системы;

$Q_c(t), T_c$ — вероятность отказа и среднее время безотказной работы резервированной системы;

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = const \text{ — интенсивность отказа исходной нерезервированной системы.}$$

Анализ выигрышей надежности позволяет сформулировать следующие важные свойства структурного резервирования:

1. Чем более надежна система и чем меньше время ее работы, тем выше эффективность резервирования;

2. Чем выше кратность резервирования, тем выше выигрыш надежности любому из критериев, однако с ростом кратности резервирования скорость роста выигрыша убывает;

3. При резервировании с постоянно включенным резервом значительное повышение кратности резервирования ведет к незначительному повышению среднего времени безотказной работы;

4. Интенсивность отказа резервированной системы

$$\lambda_c(t) = -\frac{P_c'(t)}{P_c(t)} \quad (4)$$

является возрастающей функцией времени. При $t = 0$ $\lambda_c(t) = 0$ и с ростом t $\lambda_c(t)$ асимптотически стремится к интенсивности отказа нерезервированной системы.

Существенное повышение надежности может достигаться путем применения нагрузочного резервирования. В процессе проектирования сложных технических систем конструктор не может уменьшить нагрузку на элементы более чем в 10 раз по сравнению с номинальной. При этом интенсивность отказов остается постоянной во времени и для многих элементов линейно убывает с уменьшением коэффициента нагрузки.

Сравнительный анализ надежности резервированных систем показывает, что нагрузочное резервирование может быть более эффективным в системах, предназначенных для длительной работы. Во многих практических случаях существует критическое время работы τ , после которого более целесообразным оказывается нагрузочное резервирование.

Для исследования выигрыша надёжности по вероятности отказа системы

при общем резервировании с постоянно включенным резервом, разработано оригинальное программное обеспечение. Исследуя систему, прием следующие параметры:

1. техническая система задана с основным соединением элементов;
2. p – число элементов системы;
3. λ_i – интенсивность отказа элемента i -го типа, $i = 1, 2, \dots, p$;
4. t – текущее время работы системы, не превосходящее допустимого времени из условия старения;
5. τ – кратность резервирования, $\tau \leq 4$.

Выигрыш $G_q(t)$ надежности резервированной системы по вероятности отказа является функцией времени, зависящей от интенсивности отказа исходной системы и кратности резервирования.

Представим эту функцию в виде:

$$G(x, m) = \frac{1}{(1 - e^{-x})^m}, \quad (5)$$

где $x = \lambda \cdot t$.

Исследуем свойства интенсивности отказа, воспользовавшись зависимостью (4). Для получения данных зависимости $G(x, m)$ в виде таблицы нужно нажать “Расчетные данные” в разделе “Исследование свойств интенсивности отказа”. Результаты табулирования функции $G(x, m)$ (рис. 1).

Счетчик	m1	m2	m3	m4
0	0	0	0	0
600	2E-06	0	0	0
1200	4E-06	0	0	0
1800	5E-06	1E-06	0	0
2400	7E-06	1E-06	0	0
3000	8E-06	1E-06	0	0
3600	9E-06	2E-06	0	0
4200	1.1E-05	2E-06	1E-06	0
4800	1.2E-05	3E-06	1E-06	0
5400	1.3E-05	4E-06	1E-06	0
6000	1.4E-05	4E-06	1E-06	0
6600	1.5E-05	5E-06	2E-06	0
7200	1.6E-05	6E-06	2E-06	1E-06
7800	1.7E-05	6E-06	2E-06	1E-06
8400	1.8E-05	7E-06	3E-06	1E-06
9000	1.9E-05	8E-06	3E-06	1E-06
9600	1.9E-05	9E-06	4E-06	1E-06
10200	2E-05	9E-06	4E-06	2E-06
10800	2.1E-05	1E-05	5E-06	2E-06

Рис. 1. Вкладка программного обеспечения «Расчётные данные» для просмотра таблицы результатов табулирования функции $G(x, m)$

Из полученных результатов видно, что при постоянной, отличной от нуля интенсивности отказов исходной системы, интенсивность отказа резервированной системы при $t = 0$ равна нулю и увеличивается с течением времени, стремясь к постоянной величине, равной интенсивности отказов нерезервированной системы.

Полученные результаты исследования системы позволили сделать следующие выводы:

при малом времени работы системы целесообразно использовать структурное резервирование;

область применения структурного резервирования тем шире, чем меньше n ;

критическое значение целесообразности структурного резервирования зависит от его кратности t и величины нагрузочного резервирования p .

Разработанное программное обеспечение позволит численно оценить эффективность резервирования как средства повышения надежности и снижения риска.

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
Неведомский
Александр Николаевич
Матвеев Юрий Николаевич**
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

**Lebedev V. V.
Nevedomskiy A. N.
Matveev Y.N.**
Tver State Technical University,
Tver, Russia

УДК 004.42

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИИ РИСКА

В.В. Лебедев, А.Н. Неведомский, А.Р. Хабаров

SOFTWARE FOR RESEARCH RELIABILITY OF THE TECHNICAL SYSTEM AND CALCULATION OF THE RISK FUNCTION

V. V. Lebedev, A. N. Nevedomskiy, A. R. Habarov

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы эксплуатационной пригодности технической системы и вероятность её безотказной работы, приводятся основные показатели надежности нерезервированной невосстанавливаемой технической системы. Рассматривается