

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

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

разработанное программное обеспечение для представления функции риска в виде таблицы.

Ключевые слова: техническая система, показатели надежности, интенсивность отказа, функции риска, математическое ожидание.

Abstract. His article discusses the issues of operational suitability of a technical system and the probability of its trouble-free operation. The main indicators of reliability of a non-redundant non-restorable technical system are given. The developed software for presenting the risk function in the form of a table is considered.

Key words: technical system, reliability indicators, failure rate, risk functions, mathematical expectation

В основе теории надежности лежит представление о вероятности безотказной работы технической системы, которая случайно может выйти из строя. При этом вероятность определяется как с учетом, так и без учета срока службы системы.

Для характеристики эксплуатационной пригодности системы вводится понятие индикатора неисправности, или индикатора состояния, который является случайной величиной X . Если устройство пригодно к эксплуатации, то $X = 1$, в противном случае $X = 0$. Следовательно, вероятность безотказной работы технической системы есть не что иное, как математическое ожидание случайной величины X , т. е. $P(X=1)$. На примере это можно представить в следующем виде.

Если вероятность исправности технической системы равна p , а вероятность его неисправности равна $(1-p)$, то вероятность безотказной работы устройства выражается как $1 \cdot p + 0 \cdot (1 - p) = p$.

Для исследования надёжности технической системы поставим задачу, дано:

n — число элементов системы;

λ_i — интенсивность отказа i -го элемента системы, $i = 1, 2, \dots, n$;

r_i — риск из-за отказа i -го элемента системы, $i = 1, 2, \dots, n$;

R — допустимый риск;

T — суммарное время работы системы.

Нужно определить:

показатели надежности системы:

$P_c(t)$ — вероятность безотказной работы системы в течение времени t , а также ее значения при $t = T$ и $t = T_1$;

T_1 — среднее время безотказной работы системы;

$R_c(t)$ — риск системы как функцию времени; значение риска при $t = T$ и $t = T_1$.

Основными показателями надежности нерезервированной невосстанавливаемой технической системы являются: $P_c(t)$ – вероятность безотказной работы системы в течение времени t , T_1 – среднее время работы. При постоянных интенсивностях отказов элементов системы $P_c(t) = e^{-\lambda_c t}$, $T_1 = \frac{1}{\lambda_c}$,

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

Риск системы $R_c(t)$ и $R_c^*(t)$ вычисляются по следующим формулам:

$$R_c(t) = \frac{Q_c(t)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i, \quad (1)$$

$$R_c^*(t) = \sum_{i=1}^n q_i(t) r_i, \quad (2)$$

где $Q_c(t) = 1 - P_c(t)$ – вероятность отказа системы в течение времени t ; $q_i(t)$ – вероятность отказа i -го элемента системы в течение времени t .

Формула (1) является точной, формула (2) – приближенной. Если элементы системы равно надёжны, то отношение $R_c(t)$ к $R_c^*(t)$ имеет вид:

$$G_R(t, n) = \frac{R_c(t)}{R_c^*(t)} = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n(1 - e^{-\lambda t})}. \quad (3)$$

$G_R(t, n)$ является убывающей функцией времени, при этом:

$$\lim_{t \rightarrow 0} G_R(t, n) = 1, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} G_R(t, n) = \frac{1}{n}.$$

Это означает, что с увеличением длительности времени работы системы погрешность приближенной формулы увеличивается.

Для представления функции риска в виде таблицы, разработано оригинальное программное обеспечение (Рис. 1), позволявшее исследовать надёжность технической системы. Для этого выполняется следующая последовательность действий:

1. вычисляются показатели надежности системы λ_c и $\lambda^* r$;
2. исследуется функция риска системы по точной формуле

$$R_c(t) = \frac{Q_c(t)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i, \text{ для чего:}$$

получают формулу риска для заданных n , λ_i , r_i ;

исследуют зависимость $R_c(t)$, представив функцию в виде таблицы;

вычисляют значение риска для исходных данных при $t = T$ и $t = T_1$;

3. исследуется зависимость $G_R(t, n)$ при допущении, что элементы системы равнонадежны и интенсивность отказа каждого элемента равна их средней интенсивности отказов, т. е. $\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i$.

Зададим исходные данные для исследуемой технической системы:

число элементов системы $n = 10$;

время непрерывной работы $T = 1200$ час;

допустимый риск $R = 5000$ усл. ед.

Введите данные

	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda \cdot 10^{-5}, \text{ час}^{-1}$	2,6	3,2	6,4	1,2	3	1,8	5,1	4,2
г, усл. ед.	6800	9200	2000	20000	9200	1000	2100	600
T, час	1200							
R, усл. ед.	5000							

Подтвердить

Закреть

Рис. 1. Интерфейс программного обеспечения для задания данных при исследовании технической системы

Выражение для расчёта интенсивности отказов исследуемой системы имеет следующий вид $\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i$. Подставляя в это выражение значения интенсивностей отказов элементов системы, получим:

$$\lambda_c = 24,5 \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$$

Тогда вероятность и среднее время безотказной работы будут равны:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} = e^{-8,24 \cdot 10^{-5} t}, T_1 = \frac{1}{\lambda_c} = 12136 \text{ час.}$$

$$\text{При } t = T = 1000 \text{ час } P_c(1000) = e^{-8,24 \cdot 10^{-5} \cdot 1000} = 0,918.$$

Для вычисления суммы $\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$ необходимо получить скалярное произведение векторов λ и g .

Так как $Q_c(t) = 1 - P_c(t) = 1 - e^{-\lambda_c t}$, $\lambda_c = 24,5 \cdot 10^{-5}$, $\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = 1.2655$, то в соответствии с $R_c(t) = \frac{Q_c(t)}{\lambda_c} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$ функция риска будет равна:

$$R_c(t) = \frac{1 - e^{-8,24 \cdot 10^{-5} t}}{8,24 \cdot 10^{-5}} \cdot 1213.1008$$

Вычисление $R_c(t)$ для заданного значения времени непрерывной работы $t = T$ и среднего времени безотказной работы $t = T_1$ для нашей системы при $t = 1200$ час риск $R_c(1000) = 1213,1008$. Для $t = T_1 = 3636.3636$ час значение риска $R_c(t) = 2781,1952$. Из полученных значений $R_c(t)$ видно, что риск исследуемой системы ниже допустимого значения, равного 5000 условных единиц.

Предполагая, что все элементы системы равно надёжны, а интенсивность отказа каждого элемента $\lambda = \frac{\lambda_c}{n} = 24,5 \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$, получим следующее выражение риска:

$$R_c(t) = \frac{1 - e^{-n\lambda t}}{n\lambda} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = \frac{1 - e^{-0,824 \cdot 10^{-5} nt}}{0,824 \cdot 10^{-5} n} \cdot 10506 \cdot 10^{-5}$$

$$= 12750 \cdot \frac{1 - e^{-0,824 \cdot 10^{-5} nt}}{n}$$

Найдем зависимость $R_c(t)$ при различных значениях в виде таблицы. Для просмотра представления функции риска в виде таблицы (рис. 2), необходимо на панели управления программы, щёлкнуть на кнопку «Таблица»:

Расчетные данные

Данные функций риска

t	10	20	30
100	103,579	91,922	82,015
200	183,845	147,121	120,179
300	246,044	180,268	137,938
400	294,243	200,172	146,202
500	331,593	212,125	150,047
600	360,536	219,302	151,837
700	382,965	223,613	152,669
800	400,345	226,201	153,057
900	413,813	227,755	153,237
1000	424,25	228,688	153,321
1100	432,338	229,249	153,36
1200	438,605	229,585	153,378

Рис. 2. Вкладка программного обеспечения «Расчётные данные» для просмотра таблицы функции риска

Полученная таблица функции риска наглядно представляет, что риск интенсивности отказов исследуемой системы возрастает с увеличением времени функционирования технической системы t .

В заключение хочется отметить, что надежность технической системы определяется надежностью ее элементов их взаимосвязью и структурой системы. Структура системы может быть настолько сложной, что задача точного определения надежности системы оказывается практически неразрешимой. В таких случаях надежность технической системы может быть повышена путем резервирования элементов, использования запасных элементов, профилактического ремонта и замещения элементов до времени их отказа.

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 .