

Применение методов логико-вероятностного исчисления профессора И.А.Рябина в программных комплексах

Теоретические разработки д.т.н. профессора **И.А.РЯБИНИНА**, представленные в данном электронном издании, применяются на практике специалистами ОАО «СПИК СЗМА» при выборе и обосновании структур сложных технических систем на основе сравнительного анализа надежности рассматриваемых вариантов.

ОАО «СПИК СЗМА» выполняет работы в области автоматизации технологических и производственных объектов на протяжении более 50 лет.

ОАО «СПИК СЗМА» с 1996 г. является базовой организацией Госстроя России по реализации научно-технической политики в области исследований, проектирования и наладки систем автоматизации технологических и производственных процессов и инженерного оборудования зданий и сооружений.

Начиная с 2001 г. в ОАО «СПИК СЗМА» ведутся работы по созданию, развитию и практическому применению «Программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем «АРБИТР» Программный комплекс (ПК) «АРБИТР» разработан на основе общего логико-вероятностный метода (ОЛВМ) системного анализа, представляющего собой дальнейшее развитие логико-вероятностных методов оценки надежности структурно-сложных систем, основоположником которых является профессор **И.А.РЯБИНИН**.

ПК «АРБИТР» реализует новую информационную технологию автоматизированного структурно-логического моделирования и позволяет на основе заданной структурной схемы и вероятностных параметров элементов автоматически строить математические модели (логические и вероятностные) и выполнять расчеты различных показатели надежности, стойкости, живучести, устойчивости, технического риска, ожидаемого ущерба и реальной эффективности структурно-сложных высокоразмерных систем опасных производственных объектов. Логическая полнота ОЛВМ впервые позволила реализовать в одном ПК возможности существующих подходов (деревьев отказов и событий, блок-схем, графов связности и др.) к монотонному логико-вероятностному моделированию систем. Вместе с тем, ПК «АРБИТР» позволяет решать принципиально новый класс задач немонотонного логико-вероятностного моделирования структурно-сложных системных объектов и процессов.

В период с 2005 по 2007 год программный комплекс «АРБИТР» успешно прошел процедуру аттестации в "Совете по аттестации программных

средств" Научно-технического центра по ядерной и радиационной безопасности (НТЦ ЯРБ) Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) РФ. На основании результатов экспертизы на программное средство "Программный комплекс АРБИТР (ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0" выдан **Аттестационный паспорт Ростехнадзора РФ № 222 от 21 февраля 2007 г.** ПК «АРБИТР» стал первым аттестованным Ростехнадзором РФ отечественным программным средством анализа надежности и безопасности систем. ПК «АРБИТР» аттестован сроком на 10 лет и разрешен к применению на всех предприятиях, поднадзорных Ростехнадзору РФ

К настоящему времени накоплен значительный опыт практического применения ПК «АРБИТР» на предприятиях, в коммерческих и научно-исследовательских организациях, а также в высших учебных заведениях РФ. Работы по дальнейшему развитию теории ОЛВМ, технологии АСМ и совершенствованию ПК продолжаются.



АО «СПИК СЗМА» - производственно-инжиниринговая компания, основанная в 1961 г. Выполняет полный комплекс инжиниринговых услуг по автоматизации технологических процессов и производств, имеет собственное производство систем управления и электротехнического оборудования, центр продаж, сервисный и учебный центры.

Один из видов деятельности компании - **научная разработка методов и средств расчета надежности технически сложных систем на стадии проектирования, разработка специального программного обеспечения, обучение.**

Система менеджмента качества компании соответствует требованиям международного стандарта ISO 9001:2015

✉ **199106, 26-я линия В.О., дом 15, корп. 2, БЦ «Биржа»**

☎ **+7 (812)610-78-79**

@ **info@szma.com**

www.szma.com

Б ИБЛИОТЕКА
И НЖЕНЕРА
ПО **Н** АДЕЖНОСТИ



И. А. Рябинин
Г. Н. Черкесов

ЛОГИКО-
ВЕРОЯТНОСТНЫЕ
МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
НАДЕЖНОСТИ
СТРУКТУРНО-
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

И. А. РЯБЕНИН
Г. Н. ЧЕРКЕСОВ

ЛОГИКО-
ВЕРОЯТНОСТНЫЕ
МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
НАДЕЖНОСТИ
СТРУКТУРНО-
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ



ПОЛИТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Санкт-Петербург 2012

Электронный аналог печатного издания: Рябинин И. А., Черкесов Г. Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. — М. : Радио и связь, 1981. — 264 с., ил. — (Б-ка инженера по надежности)

ББК 30.14

Р98

УДК 621.3.019.3

Рябинин И. А., Черкесов Г. Н.

Р98 Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем.— М.: Радио и связь, 1981.— 264 с., ил. — (Б-ка инженера по надежности).

65 к.

Рассматриваются новые аналитические методы анализа надежности технических систем, структурная схема которых при формализации не сводится к последовательно-параллельной схеме. Впервые дается систематическое изложение основных вопросов исследования надежности структурно-сложных систем с помощью логико-вероятностных методов, использующих аппарат алгебры логики и теории вероятностей. Общие результаты иллюстрируются большим числом примеров.

Для инженеров, занятых проектированием и эксплуатацией высоконадежных систем, и работников служб надежности.

ББК 30.14

6Ф2.1

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Б. В. Гнеденко (отв. редактор), Б. Е. Бердичевский, В. А. Каштанов, И. Н. Коваленко, А. В. Майоров, В. В. Марченко, А. В. Михайлов, А. Н. Перроте, А. М. Половко, О. Ф. Пославский, Е. Я. Сварник, А. Д. Соловьев, Р. Б. Улинич, И. А. Ушаков

Рецензенты: докт. техн. наук, профессор В. И. Нечипоренко, докт. физ.-мат. наук, профессор В. А. Каштанов.

Редакция литературы по радиоэлектронике

*Светлой памяти
Соколова Тараса Николаевича,
ученого и организатора,
посвящается*

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современной технике освоены многие эффективные приемы и методы повышения надежности. Среди них основную роль играют методы структурного и функционального резервирования. Сложность способов резервирования возрастает вместе со сложностью систем и требованиями к их надежности. Это обусловлено также широким использованием в технических системах монотонных структур наряду с последовательно-параллельными. Современная практика проектирования систем различного назначения предлагает структуры, содержащие многие десятки и даже сотни элементов, связанных и взаимодействующих между собой сложным образом. В отличие от последовательно-параллельных структур их называют сложными, а соответствующие системы структурно-сложными. Широкому распространению таких систем способствует постоянная и все более усиливающаяся тенденция к объединению многих автономных систем в большие системы с сетевой структурой. Примером могут служить информационные сети связи, сети ЭВМ, большие системы энергетики и т. д.

Большое значение таких систем и появление у них некоторых новых качеств по сравнению с локальными требует тщательного анализа их надежности и управления надежностью. Следует, однако, отметить, что современная теория надежности в ряде случаев отстает от запросов практики и не может предложить эффективных методов анализа надежности структурно-сложных систем. Поэтому в нашей стране и за рубежом интенсивно ведутся разработки новых методов, способов и алгоритмов, которые позволили бы преодолеть указанное отставание.

Одним из перспективных направлений является разработка логико-вероятностных методов (ЛВМ), математическая сущность которых заключается в использовании функций алгебры логики (ФАЛ) для аналитической записи условий работоспособности системы и в разработке строгих способов перехода от ФАЛ к вероятностным функциям (ВФ), объективно выражающим безотказность этой системы. Для сложных задач и структур, описываемых ФАЛ произвольной формы, непосредственный переход к вероятности истинности функции алгебры логики не прост.

Начало развития логико-вероятностных методов идет от работ П. С. Порецкого, С. Н. Бернштейна и М. А. Гаврилова. В начале 60-х годов эти методы получили развитие в работах Ю. В. Мерекина, С. В. Малюгина, Р. Барлоу, Дж. Эзари, Ф. Прошана, З. В. Бирнбаума, С. В. Макарова, С. Саундерса. В конце 60-х и в 70-е годы появились монографии В. И. Нечипоренко, в которых основное внимание уделяется топологическим методам, работы И. А. Ушакова, В. А. Гадасина, В. Е. Степанова, А. С. Смирнова и многих других авторов. Структурно-сложные системы анализируются в работах А. Д. Соловьева, А. К. Кельманса, С. К. Гурского, Дж. Б. Фасела.

Несмотря на большое число публикаций, посвященных ЛВМ и их применению при анализе надежности, до сих пор достижения этого направления в теории надежности не были систематически изложены. Авторы настоящей книги сделали попытку восполнить пробел и изложить основные результаты отечественных и зарубежных ученых, а также собственные результаты, полученные за последние годы.

Привлекательность ЛВМ для инженеров заключается в основном в их исключительной четкости, однозначности и больших возможностях при анализе влияния любого элемента на надежность всей системы. Однако существуют и трудности на пути активного овладения этими методами. Главная связана с необходимостью ознакомления с методами вероятностной логики и отсутствием соответствующих руководств. Этому мешает и неосведомленность специалистов в реальных возможностях ЛВМ и осторожность, вызванная преувеличением «недостатков», к которым, например, в [51] отнесены следующие:

1) рассмотрение лишь двух состояний у элементов системы,

2) несоблюдение условий монотонности для некоторых задач и структур,

3) отсутствие учета временной последовательности отказов элементов,

4) требование независимости отказов элементов системы. Кроме того, отпугивает трудоемкость ручных методов расчета, требующих исключительного внимания и аккуратности, а также отсутствие удобных и апробированных программ для расчетов на ЭВМ.

Указанные недостатки, по мнению авторов предлагаемой книги, не связаны с принципиальными особенностями ЛВМ, а являются характеристикой современного состояния теории и практики ее инженерного применения. Авторы надеются в некоторой степени восполнить пробел в этой области знаний и не только за счет определенной систематизации материала, но и с помощью большого числа примеров для информационных сетей, микропроцессорных и электроэнергетических систем.

В гл. 1 излагаются основные математические сведения, необходимые для решения задач надежности. В гл. 2 рассматривается начальный этап применения ЛВМ — составление условий работоспособности сложной системы. В гл. 3 приводятся основные методы анализа надежности невозстанавливаемых систем. В гл. 4 излагается теория анализа структурной надежности на основе «веса», «значимости» и «вклада» элементов. В гл. 5 рассматриваются применения ЛВМ для анализа надежности восстанавливаемых систем. В гл. 6—8 излагается модифицированный ЛВМ, использующий алгебру смешанных форм, и рассматривается его применение для анализа работоспособности двухполюсных систем (гл. 6), информационной нагрузки элементов сети при различных алгоритмах выбора маршрута сообщений (гл. 7) и систем с ветвящейся структурой (гл. 8).

Труд по написанию книги распределен между авторами следующим образом: § 1.1, 1.2, 2.1—2.3 и гл. 3—5 написаны Рябининым И. А., § 2.4, гл. 6—8 — Черкесовым Г. Н., § 1.3 и 1.4 подготовлены авторами совместно.

Авторы благодарны всем, кто способствовал изданию этой книги, и будут признательны читателям, которые пришлют свои замечания. Особую благодарность авторы выражают рецензентам книги профессорам В. И. Нечипоренко, В. А. Каштанову, чьи советы существенно помогли улучшить первоначальную редакцию, а в ряде случаев избежать неточностей и ошибок, а также профессорам Ю. А. Гогину и И. А. Ушакову за помощь в работе над книгой.