

УДК 519.718.2

ЛОГИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ БЛОКОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ, НА ОСНОВЕ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА

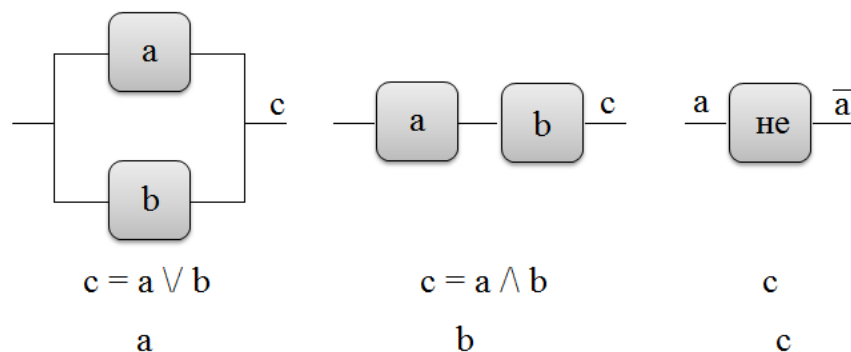
Спирина Н. М., Уткин Д. М., Сапронов И. В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»

Выбор логико-вероятностного подхода для определения показателей надежности сложных блоков, составляющих программно-технические комплексы, связан с однозначным и строгим описанием систем в явном аналитическом представлении свойств и событий, таких как безотказность, готовность выполнения основной целевой функции, прямо характеризующих основное назначение и принципы технических систем [1, 2, 3, 4]. Кроме того, возможность с высокой точностью описать различные физические процессы, наблюдаемые в системах и комплексах высокой структурной сложности и большой размерности, делает методы математической логики наиболее актуальными при автоматизации сложных процессов [5, 6].

Получим детальный вид функции параметров надежности сложных блоков ПТК специального назначения при воздействии на них радиации, используя логико-вероятностный математический аппарат. При этом также будем учитывать деградацию сложных блоков от старения и их режим работы.

Для достижения поставленной цели необходимо ввести в рассмотрение вектор параметров надежностей модулей, связанных между собой основными операциями алгебры логики – конъюнкции, дизъюнкции и отрицания. Такие связи удобно назначать, опираясь на эквивалентную схему расчета путем движения слева направо: между булевыми переменными x_i и x_{i+1} назначается знак конъюнкции, если элементы соединены последовательно и дизъюнкции, если элементы соединены параллельно (рисунок 1).



a – Параллельное соединение элементов (операция дизъюнкции) $c=a \vee b$; b – Последовательное соединение (конъюнкция) $c=a \wedge b$ или $c=a * b$; \bar{c} – Инвертирование входной величины (операция отрицания) \bar{a} – не (a).

Рисунок 1 – Виды соединений элементов

Рассмотрим сначала систему, состоящую из двух параллельных последовательностей функциональных элементов, составляющих сложный блок ПТК.

Вероятность безотказной работы системы согласно теореме сложения вероятностей для совместных событий [7] выражается формулой:

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB), \quad (1)$$

где A – событие, заключающееся в выполнении основной функции назначения подсистемы, составленной из первой последовательности элементов;

B – событие, заключающееся в выполнении основной функции назначения подсистемы, составленной из второй последовательности элементов.

Рассматривая сложный блок, состоящий из трех параллельных последовательностей функциональных элементов, аналогично получим:

$$P(A + B + C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(AB) - P(AC) - P(BC) + P(ABC), \quad (2)$$

а для четырех параллельных последовательностей функциональных элементов

$$P(A + B + C + D) = P(A) + P(B) + P(C) + P(D) - P(AB) - P(AC) - P(AD) - P(BC) - P(BD) - P(CD) + P(ABC) + P(ABD) + P(ACD) + P(BCD) - P(ABCD). \quad (3)$$

Обобщая полученный результат на функциональные модули большей размерности и более высокой структурной сложности, получим формулу для расчета надежности сложного блока, состоящего из n параллельно соединенных последовательностей элементов.

$$P = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{i<j} P(A_i A_j) + \sum_{i<j<k} P(A_i A_j A_k) + \dots + (-1)^{n+1} P\left(\prod_{i=1}^n A_i\right), \quad (4)$$

Интегрируя полученную функцию параметров надежности в формулу вероятности безотказной работы сложных блоков

$$P(t) = r \cdot \left\{ 1 - \prod_{j=1}^m \left[1 - \left(\prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_{ij} t) \right) \right] \right\}, \quad (5)$$

Получим

$$P(X, M, t) = M \cdot \left\{ r \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{i<j} P(A_i A_j) + \sum_{i<j<k} P(A_i A_j A_k) + \dots + (-1)^{n+1} P\left(\prod_{i=1}^n A_i\right) \right\} \cdot \right. \\ \left. \cdot (1 + k \prod_{j=1}^m \left[1 - \left(\prod_{i=1}^n \exp(-\tau_i \cdot D) \right) \right]_j) - (1 + k) \cdot \prod_{j=1}^m \left[1 - \left(\prod_{i=1}^n \exp(-\tau_i \cdot D) \right) \right]_j \right\}. \quad (6)$$

Таким образом, проведено построение функции модулей, составляющих основу ПТК, методом математической логики. Необходимым условием при этом являются известные показатели надежности отдельных блоков, входящих в состав сложных блоков,

Полученная формула позволяет на наиболее ответственном этапе разработки сложных блоков, образующих ПТК, – этапе проектирования, получать количественную оценку показателей надежности функциональных модулей в условиях радиационного воздействия с учетом режима работы блоков и факторов деградации технических систем от старения.

Библиографический список

- 1 Алексеев, А. О. Автоматизированное структурно-логическое моделиро-

вание и количественный анализ надежности, живучести, безопасности, эффективности сложных организационно-технических систем [Текст]: комплекс методик для ПЭВМ и ЭВМ) / А. О. Алексеев, Г. А. Ершов, А. С. Можаяев и др.; ВМА, ВВМИУ им. Ф. Э. Дзержинского. – СПб., 1991. –141 с.

2 ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 22 с.

3 Китушин, В. Г. Определение логической функции работоспособности электрической системы [Текст] / В. Г. Китушин // Электричество. – 1976. – № 8. С. 65-67.

4 Лавров, И. А. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов [Текст] / И. А. Лавров, Л. Л. Максимова – Москва: Наука, – 2006. – 256 с.

5 Можаяев, А. С. Современное состояние и некоторые направления развития логико-вероятностных методов анализа систем [Текст] / А. С. Можаяев // Теория и информационная технология моделирования безопасности сложных систем. Часть 1: сб. науч. тр. – Санкт-Петербург, 1994. С. 23-53.

6 Можаяев, А. С. Технология автоматизации процессов построения логико-вероятностных моделей систем [Текст] / А. С. Можаяев // Интеллектуальные системы и информационные технологии в управлении: сб. международной конференции. – Псков, 2000., с 257-262.

7 Венецкий И. Г. Основы теории вероятностей и математической статистики [Текст] / И. Г. Венецкий, Г. С. Кильдишев; Статистика. – Москва, 1968. – 360 с.