

*А.Ю. Мельников, к.т.н.,  
Ю.А. Соломко*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕРЕВА ОТКАЗОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА**

Проблема надежности традиционно является важной для современных технических систем. Их усложнение происходит в различных направлениях. С одной стороны, в состав систем входит все большее число комплектующих элементов. С другой стороны, усложняется их структура, определяющая соединение отдельных элементов, и их взаимодействие в процессе функционирования и поддержания работоспособности. При этом усложнение систем является прямым следствием постоянно возрастающей ответственности выполняемых ими функций, сложности и многообразия этих функций [1]. При прочих равных условиях система, состоящая из большого числа комплектующих элементов и имеющая более сложную структуру и сложный алгоритм функционирования, является менее надежной по сравнению с более простой системой. Все это требует разработки специальных методов обеспечения надежности таких систем, включая разработку математических методов расчета надежности.

*Целью статьи* является разработка научно-практических рекомендаций расчета показателей надежности персональных компьютеров путем применения анализа дерева отказов.

В связи с развитием современной техники особую важность приобрели вопросы повышения надежности персональных компьютеров (ПК). Под надежностью понимают способность изделия выполнять заданные функции в заданных режимах и условиях применения, сохраняя свои эксплуатационные показатели в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки на отказ.

Рассмотрим ПК как систему, состоящую из двух подсистем: комплектующие ПК и операционная система. К комплектующим ПК относятся источник питания, материнская плата, видеокарта, винчестер, DVD-ROM, центральный процессор, оперативная память, вентилятор, мышь и клавиатура. В операционной системе

© А.Ю. Мельников,  
Ю.А. Соломко, 2016

(ОС) рассмотрим такие элементы, как загрузочные файлы, файлы реестра Windows (System, Software, Security, Sam), файлы драйверов.

Для анализа такой системы, подвергающейся операционным рискам, связанным в основном с техническими сбоями и ошибками работников, то есть такими рисками, к реализации которых могут привести некоторые закономерности, используем метод анализа дерева отказов.

Метод представляет собой методику идентификации и анализа рисков, первоначально разработанную для изучения рисков технических систем. Анализ дерева отказов – это методика идентификации и анализа факторов, которые могут способствовать наступлению некоторого нежелательного события, в нашем случае – остановка работы ПК [2]. Факторы-причины определяются дедуктивным способом, логически выстраиваются и представляются графически в виде диаграммы-дерева, которая изображает связь факторов-причин с основным событием (рис. 1).

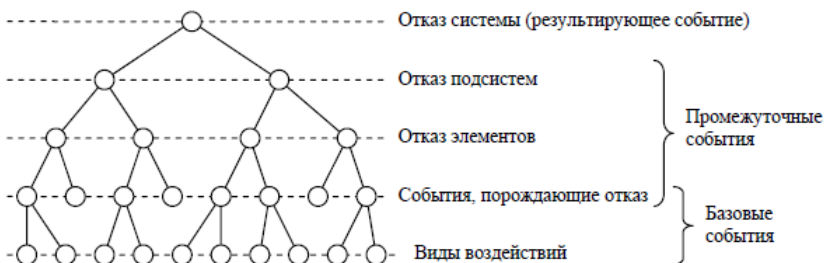


Рис. 1. Схематическое изображение дерева отказов

Идентифицированные и изображенные на схеме факторы могут быть событиями, связанными с отказами оборудования, ошибками людей и любыми другими, приводящими к возникновению нежелательного события. В предложенной системе событиями для отказа комплектующих ПК являются истечение срока годности, перепад напряжения, заводской брак; ОС – изменение, удаление файлов пользователем, уничтожение вирусом файлов, несовместимость драйверов с ОС, отсутствие места на жестком диске, установка неизвестного программного обеспечения. На рис. 2 представлена разработанная схема дерева отказов ПК.

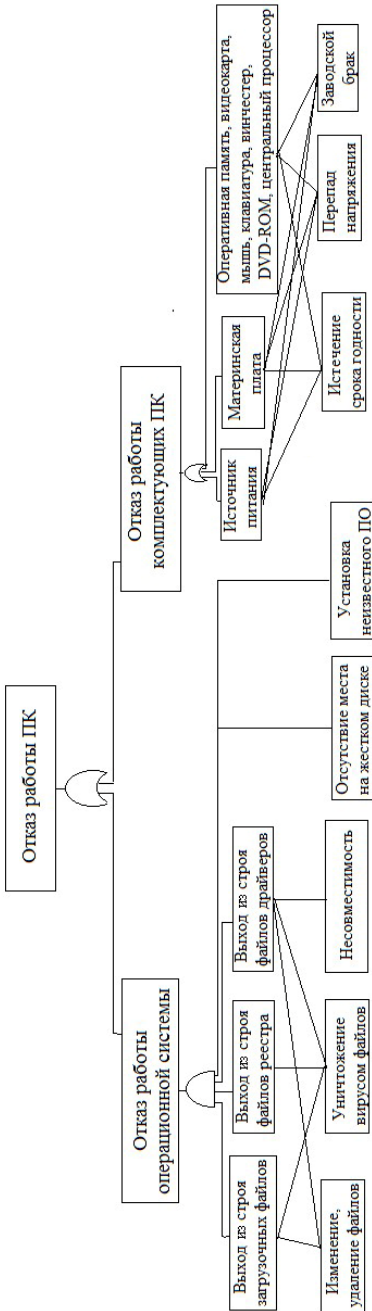


Рис. 2. Дерево отказов ПК

Дерево отказов может быть использовано для качественного анализа – идентификации потенциальных причин и путей возникновения сбоя (вершинного события) или для количественного – вычисления вероятности вершинного события при наличии информации о вероятностях событий-факторов.

Модель динамического дерева отказов обобщает традиционные деревья отказов: события дерева характеризуются временем до их наступления с некоторой функцией распределения. Таким образом, предусматривается учет не вероятностей наступления событий, а функций распределения времени до наступления каждого из базовых, промежуточных и результирующего события в системе. Информация о функции распределения времени до наступления результирующего события (отказа системы) позволяет непосредственно определять среднюю и гамма-процентную наработку системы до отказа, а также все другие показатели безотказности невосстанавливаемых систем.

Чтобы отыскать и наглядно представить причинную взаимосвязь с помощью дерева отказов, необходимы элементарные блоки, подразделяющие и связывающие большое число событий. Логические символы связывают события в соответствии с их причинными взаимосвязями.

Функции распределения  $F(x)$  времени до наступления события-следствия для различных вариантов взаимосвязей событий-причин (рис. 3):

причинно-следственная связь «И» (рис. 3, а) – выходное событие происходит, если все входные события случаются одновременно [3]. Связь представлена формулой

$$F(x) = F_1(x)F_2(x), \quad (1)$$

где  $F_1(x)$  – это функция распределения времени до наступления первого события-причины;

$F_2(x)$  – это функция распределения времени до наступления второго события-причины.

причинно-следственная связи «ИЛИ» (рис. 3, б) – выходное событие происходит, если случается любое из входных событий. Связь представлена формулой

$$F(x) = F_1(x) + F_2(x) - F_1(x)F_2(x). \quad (2)$$

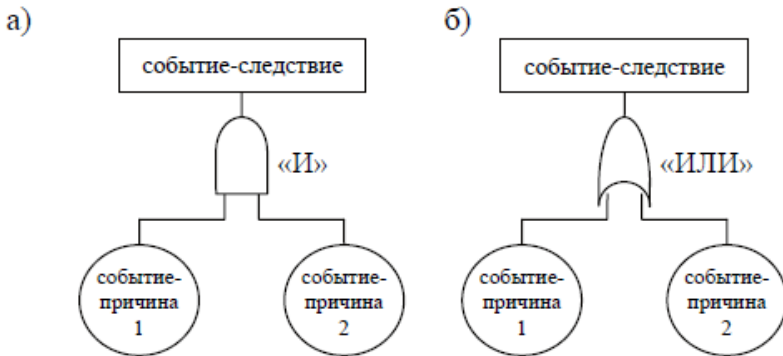


Рис. 3. Примеры используемых логических операций над событиями

Количественный анализ динамического дерева отказов ПК заключается в рекуррентном использовании выражений (1) и (2). При этом по заданным функциям распределения времени до наступления базовых событий (отказов элементов, воздействий на систему) «снизу вверх» определяется функция распределения времени до наступления результирующего события (функция отказа системы). В дальнейшем по известной функции отказа системы можно определить показатели надежности невосстанавливаемых объектов – среднюю наработку до отказа, гамма-процентную наработку, вероятность безотказной работы по источнику [4].

Среднюю наработку до отказа  $T_1$  вычисляем по формуле

$$T_1 = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt, \quad (3)$$

где  $f$  – плотность распределения наработки до отказов.

Гамма-процентную наработку до отказа  $t_\gamma$  вычисляем по формуле

$$F(t_\gamma) = 1 - \frac{\gamma}{100}. \quad (4)$$

Вероятность безотказной работы  $P(t)$  вычисляем по формуле

$$P(t) = 1 - F(t). \quad (5)$$

Предложенную модель расчета можно использовать для нахождения показателей надежности комплектующих ПК. Следующим этапом исследования надежности ПК будет программная реализация данной математической модели.

*Выводы.* В результате исследования ПК был рассмотрен как система, состоящая из двух подсистем: операционной системы и комплектующих ПК. В качестве использованного метода для анализа надежности был выбран метод динамического дерева отказов, который обобщает традиционные деревья отказов: здесь события характеризуются не только вероятностью, но и временем до их наступления с некоторой функцией распределения. Такой подход позволяет дополнительно учитывать последовательность наступления событий. Показан способ вычисления функции распределения времени до наступления результирующего события (функции отказа системы) по известным функциям распределения времени до наступления базовых событий. Показатели надежности ПК – среднюю наработку до отказа, гамма-процентную наработку и вероятность безотказной работы – непосредственно можно определить по имеющейся информации о функции отказов комплектующих системы.

### Литература

1. Азарсков В.Н. Надежность систем управления и автоматики / В.Н. Азарсков, В.П. Стрельников. – К.: НАУ, 2004. – С.164.
2. ГОСТ Р МЭК 62502-2014. Менеджмент риска. Анализ дерева событий. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 36 с.
3. Шевченко Д. Н. Анализ динамического дерева отказов / Д. Н. Шевченко // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2011. – № 2. – С. 142–148.
4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 32 с.
5. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. – М.: Издательство стандартов, 1997. – 15 с.
6. Бутенко Е.В. Исследование надежности персональных компьютеров на основе эксплуатационных данных об отказах / Е.В. Бутенко // Математические машины и системы. – 2000. – №1. – С. 80–82.

7. Маликов И.М. Основы теории и расчёта надёжности / И.М. Маликов, А.М. Половко, Н.А. Романов, П.А. Чукреев. – 2-е изд. – Л.: Судпромгиз, 2000. – 144 с.

8. Можяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надёжности сложных систем: учеб. пособие / А.С. Можяев. – Л.: ВМА, 2003. – 68 с.

9. Строгонов, А. Обзор программных комплексов по расчету надёжности сложных технических систем [Текст] / А. Строгонов, В. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Компоненты и технологии. – 2007. – №5. – С. 183-190.

10. Fault tree-analysis (FTA) ИЕС 1025:1990. Стандарт МЭК Анализ дерева неполадок, 1990 [Текст] / пер. с франц., СИФ НТЦ ПБ-707. (ГОСТ Р 51901.13-2005 (МЭК 61025:1990). Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей).

11. Сковородин В.Я. Справочная книга по надёжности техники / В.Я. Сковородин, Л.В. Тишкин – Л.: Лениздат, 2005. – 204 с.

12. Ушаков И.А. Курс теории надёжности систем: учеб. пособие / И.А. Ушаков. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

13. ГОСТ 27.003: 1990. Надёжность в технике. Состав и общие правила задания требований на надёжность. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 20 с.

14. Бутенко Е.В. Исследование надёжности персональных компьютеров на основе эксплуатационных данных об отказах / Е.В. Бутенко // Математические машины и системы. – 2000. – №1. – С. 80–82.

15. Бердиченко Б.Е. Надёжность персональных компьютеров / Б.Е. Бердиченко // Надёжность и контроль качества. – 2001. – №9. – С. 22-26.

*Поступила в редакцию 11.10.2016 г.*