

## COMPUTER SYSTEM FOR ESTIMATION OF INDIVIDUAL CHARACTERISTICS OF A PERSON BASED ON TESTING OF HIS PSYCHOMOTOR ACTIVITY

I.G. SHUPEYKO, A.Y. YATSKEVICH

### Abstract

The article considers possibilities of using the technique of reaction to a moving target estimation to diagnose the balance of activation and inhibition, functional state, accuracy of motor activity and other individual characteristics of a person. The expediency of modifying this technique in order to expand its scope is grounded. An original technique for studying human behavior in danger is given. The technique is based on examination of reactions to a moving target in condition of perceptual equivocation. The hardware-software complex designed on the basis of the technique is described.

*Keywords:* psychodiagnostics, reaction, moving object, behavior in conditions of danger, software and hardware.

### Список литературы

1. Практикум по дифференциальной психодиагностике профессиональной пригодности / Под ред. В.А. Бодрова. М., 2003. С. 342–344.
2. Песошин А.В., Петухов И.В., Роженцов В.В. Способ оценки времени реакции человека на движущийся объект / Патент РФ № 2326595.
3. Лежнина Т.А., Роженцов В.В. Способ тестирования реакции человека на движущийся объект / Патент РФ № 2386395.
4. Песошин А.В. Метод и программно-техническое обеспечение контроля соотношения процессов возбуждения и торможения человека на основе измерения времени реакции на движущийся объект : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2009.
5. Петухов И.В. Способ определения способности к предвидению хода / Патент РФ № 2381742.
6. Котик М.А. Психология и безопасность. Таллинн, 1989.
7. Петровский В.А. Психология надситуативной активности. М., 1992.
8. Яцкевич А.Ю., Шупейко И.Г. // Докл. БГУИР. 2015. № 7 (93). С. 65–70.

УДК 621.396.6:621.38

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.М. БОРОВИКОВ, И.Н. ЦЫРЕЛЬЧУК, С.С. ДИК, Н.Н. ЦЫРЕЛЬЧУК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 15 ноября 2016*

Предложен новый подход к оценке эффективности функционирования электронных систем медицинского назначения. Этот подход принимает во внимание как устойчивые отказы системы, так и возможные временные отказы устройств системы из-за влияния на их работу природных и промышленных воздействий.

*Ключевые слова:* электронные системы медицинского назначения, надежность и эффективность функционирования, временные отказы.

### Введение

В настоящее время при диагностировании и лечении людей на электронные медицинские системы возлагаются важнейшие функции. В большинстве случаев врачи ставят диагноз

и определяют методы лечения, пользуясь информацией, полученной с помощью электронной медицинской техники. Устойчивый отказ или даже сбой (временный отказ) в работе электронной медицинской системы может привести к постановке пациенту ошибочного диагноза и выбору неадекватных методов лечения с вытекающими из этого непредсказуемыми последствиями. Поэтому при проектировании электронных медицинских систем одной из основных задач является обеспечение высокого уровня их эксплуатационной надежности и эффективности функционирования. Надежность электронных медицинских систем как свойство любых технических систем определяется ГОСТ 27.002-89 [1]. Согласно [2], под эффективностью функционирования технической системы понимают некоторую количественную характеристику качества выполнения функций, возлагаемых на систему. Показатель эффективности функционирования представляет собой количественную меру этой характеристики. Для электронных систем медицинского назначения в роли показателя эффективности функционирования можно рассматривать вероятность выполнения системой своих функций по диагностированию пациента и/или обеспечению лечебных процедур. При оценке эффективности функционирования важно учесть все ситуации и события, которые при эксплуатации могут привести к устойчивым отказам или к временным отказам (сбоям) в работе электронной медицинской системы из-за влияния на ее работу природных и промышленных воздействий.

#### Актуальность исследований

В работе [3] обсуждалось, как можно спрогнозировать (оценить) надежность отдельно рассматриваемого медицинского электронного устройства (ЭУ) с помощью системы автоматизированного расчета и обеспечения надежности – системы АРИОН [4]. Для многих ЭУ медицинского назначения заданная наработка «выбирается» циклически в течение определенной календарной продолжительности, т.е. для ЭУ имеют место периоды использования по назначению и периоды хранения. В 2016 г. в БГУИР разработана система «АРИОН-плюс», позволяющая выполнять расчет надежности ЭУ с учетом календарного периода эксплуатации. Система может также принимать во внимание циклический характер работы ЭУ, т.е. учитывать прогнозируемое число циклов «включено-выключено» в течение заданной суммарной наработки. Система «АРИОН-плюс» в качестве модулей включает программные части, предназначенные для оценки (прогнозирования) надежности отдельно рассматриваемых электронных компонентов, в том числе полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Имеются модули, позволяющие решать задачу группового прогнозирования параметрической надежности выборки электронных компонентов и прогнозирования возможного постепенного отказа рассматриваемого конкретного экземпляра по методикам, приведенным в [5].

Набор высоконадежных технических устройств не является гарантией создания электронной системы, имеющей высокий уровень эффективности функционирования. Электронная система медицинского назначения представляет собой не просто набор технических устройств, а аппаратно-программный комплекс, в котором все электронные устройства взаимосвязаны и работают по определенным сложным алгоритмам.

Традиционные подходы [2, 6] к оценке надежности электронной системы медицинского назначения не позволяют учесть влияние на надежность такой системы всех возможных событий, которые при эксплуатации электронной системы могут вызвать ее отказ (в виде сбоя или полной потери работоспособности), что не позволит решить требуемую задачу или приведет к неправильному ее решению. При оценке надежности электронной системы медицинского назначения необходимо учесть все ситуации, которые при эксплуатации могут вызвать не только устойчивый отказ системы, но и отказ в виде временной потери системой работоспособности (включая сбой в работе программного обеспечения) из-за возможных природных и промышленных воздействий, а также влияния человеческого фактора. В этом случае оценка надежности электронной системы медицинского назначения трансформируется фактически в оценку эффективности функционирования системы. Актуальным является вопрос о выборе метода, используемого для оценки эффективности функционирования системы.

### Теоретический анализ

Для оценки эффективности функционирования электронных систем медицинского назначения предложено использовать «Метод анализа дерева отказов» (в англоязычном варианте – Fault Tree Analysis, кратко – FTA). Метод впервые был использован в 1962 году компанией Bell Labs для Военно-воздушных сил США. В настоящее время метод получает распространение для анализа надежности технических систем. Данный метод является частью национальных стандартов таких, например как [7]. Метод основан на построении схемы (похожей на дерево), на которой указывают возможные отказы составных частей и системы в целом, события и воздействия, вызывающие появление отказов, а также проводят необходимые связи между воздействиями, событиями и отказами (рис. 1).

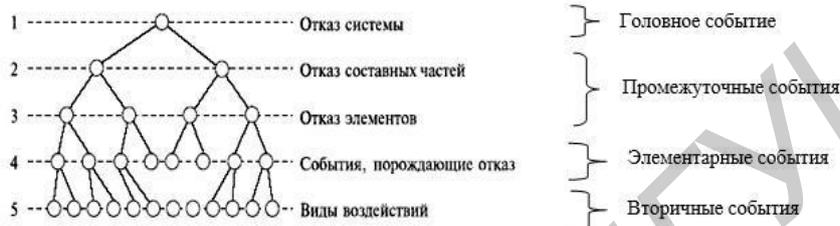


Рис. 1. Условная схема построения дерева отказов

Анализ причин, из-за которых электронная система медицинского назначения может не выполнить требуемые функции, показывает, что это объясняется комбинацией случайных локальных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях применения системы. Такими событиями могут быть отказы некоторых устройств системы ввиду возникновения неисправностей, невосприятие сигналов входными устройствами, неправильная обработка сигналов микропроцессорным устройством из-за сбоя программного обеспечения, несрабатывание исполнительных устройств, ошибки оператора и т. д. Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями можно применить логико-графические методы «деревьев отказов» и «деревьев событий» [7]. Дерево отказов лежит в основе словесно-графического способа анализа возникновения различного рода событий, трактуемых как предпосылки к невыполнению электронной системой медицинского назначения предписанных ей функций. Указанные события образуют определенную последовательность и комбинацию. Для наглядного изображения таких событий используют ряд символов – графических изображений, некоторые из которых показаны в табл. 1. При анализе эффективности функционирования электронной системы медицинского назначения ее отказ в виде невыполнения предписанных функций следует выделять как головное (иначе, конечное) событие, которое располагается в вершине дерева отказов. Этому конечному событию предшествуют другие события. Задача анализа заключается в том, чтобы выявить путем обратной логики причинно-следственную связь между событиями, предшествующими возникновению головного события (рис. 1). Последовательности событий в дереве отказов организуют с помощью символов логических операций, из которых наиболее часто используются операции И и ИЛИ (табл. 1). Используя построение дерева отказов, моделирование отказа системы в виде невыполнения предписанных ей функций, следует выполнять поэтапно, двигаясь от вторичных и/или элементарных событий к головному событию.

Таблица 1. Значение некоторых логических символов «деревя отказов»

Номер символа	Символ логического знака в системе FTA	Символ, используемый в отечественной электронике	Название логического о знака	Суть символа (причинная взаимосвязь)
1			И	Выходное событие происходит, если все входные события случаются одновременно
2			ИЛИ	Выходное событие происходит, если случается хотя бы одно из входных событий

### Применение метода

Построение дерева отказов выполнено для анализа электронной системы медицинского назначения, структурная схема которой показана на рис. 2.

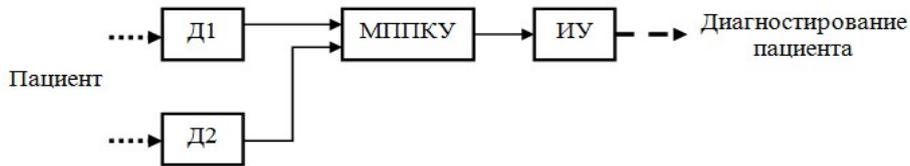


Рис. 2. Структурная схема электронной системы медицинского назначения

Будем считать, что электронная система медицинского назначения способна выполнить функцию по диагностированию пациента в случаях, если признаки потенциальной опасности для организма пациента воспримет хотя бы один из датчиков (Д1 или Д2), а исполнительное устройство ИУ правильно отобразит результаты диагноза по команде, поступающей от микропроцессорного приемно-контрольного устройства МППКУ после правильной обработки информации, поступающей от датчиков.

Выделяем исходные (элементарные) события, которые могут привести к невыполнению системой предписанных функций по диагностированию пациента. В качестве первой группы таких событий можно выделить возникновение технических неисправностей в устройствах, входящих в состав системы, и, следовательно, их отказ. Вторую группу составляют такие нежелательные события (отказы), которые могут иметь место для устройств системы даже в случае их исправного технического состояния: невосприятие датчиками признаков опасности для организма пациента, неправильная обработка МППКУ сигналов, например из-за сбоя программного обеспечения и т.д.

Пусть для устройств рассматриваемой системы информация о вероятностях работоспособного состояния  $r_j$  и вероятностях восприятия и/или правильной обработки сигналов о признаках опасности для организма пациента  $p_j$  соответствует данным табл. 2. Для простоты построения дерева отказов принято, что для МППКУ вероятность  $p_{\text{МППКУ}} = 1$ .

Таблица 2. Информация о качественных характеристиках устройств системы

Обозначение вероятности	Значение вероятности для устройства системы			
	Д1	Д2	МППКУ	ИУ
$r_j$	0,99	0,99	0,998	0,996
$p_j$	0,993	0,993	1,000	0,997

Удобно группы нежелательных элементарных событий выделять в зависимости от вида устройств системы: события, связанные с датчиками; события, связанные с МППКУ; события, связанные с ИУ. В качестве головного события, к которому приводятся события каждой группы, будем рассматривать отказ системы в виде невыполнения ею предписанных функций по диагностированию пациента. Выполняя моделирование отказа системы в соответствии с рис. 1 и представляя события в графическом виде, в итоге получим дерево отказов (рис. 3).

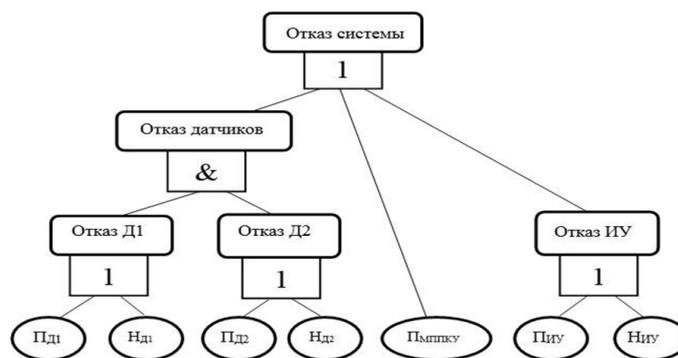


Рис. 3. Дерево отказов рассматриваемой системы

Пояснение событий, указанных на рис. 3, приводится в табл. 3.

Таблица 3. Пояснение событий дерева отказов системы

Обозначение на рис. 3	Смысл события	Примечание
П <sub>Д1</sub>	Отказ в виде полной потери работоспособности Д1 из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Н <sub>Д1</sub>	Отказ в виде невосприятия признаков опасности для организма пациента технически исправным датчиком Д1	Исходное событие
П <sub>Д2</sub>	Отказ в виде полной потери работоспособности Д2 из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Н <sub>Д2</sub>	Отказ в виде невосприятия признаков опасности для организма пациента технически исправным датчиком Д2	Исходное событие
П <sub>МППКУ</sub>	Отказ в виде полной потери работоспособности МППКУ из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Пиу	Отказ в виде полной потери работоспособности ИУ из-за возникшей неисправности	Исходное событие
Ниу	Отказ в виде невосприятия команды на вывод результатов диагностирования технически исправным ИУ	Исходное событие
Отказ Д1	Невыполнение Д1 возлагаемой на него функции	Промежуточное событие
Отказ Д2	Невыполнение Д2 возлагаемой на него функции	Промежуточное событие
Отказ ИУ	Невыполнение ИУ возлагаемой на него функции	Промежуточное событие
Отказ датчиков	Невыполнение совокупностью датчиков (Д1 и Д2) функции по восприятию признаков опасности для организма пациента	Промежуточное событие
Отказ системы	Невыполнение системой предписанных функций	Главное событие

Пользуясь деревом отказов, удобно выполнять вероятностную оценку промежуточным событиям и легко найти вероятность головного события. С методами вероятностной оценки событий по дереву отказов можно ознакомиться в [8]. Пользуясь деревом отказов (см. рис. 3), выполнена вероятностная оценка применительно к промежуточным и главному событиям. С учетом данных, указанных в табл. 2, определена вероятность головного события «Отказ системы»:  $P(\text{Отказ системы}) \approx 0,0093$  (примерно один процент).

Отметим, что полученное число характеризует возможность возникновения отказа системы, обусловленного как появлением технических неисправностей устройств, входящих в состав системы, так и невыполнением устройствами, находящимися в исправном техническом состоянии, своих функций (сбой в работе – временный отказ) ввиду различных причин: действие климатических факторов, промышленные и естественные электромагнитные помехи и др. Вероятность выполнения системой предписанных функций (показатель эффективности функционирования) определится как  $1 - 0,0093 = 0,9907$ .

### Заключение

С помощью предложенного подхода к оценке эффективности функционирования электронных систем медицинского назначения можно построить дерево отказов и, пользуясь им, определить вероятность выполнения системой предписанных ей функций. Подход позволяет учесть как устойчивые отказы устройств системы из-за возникновения технических неисправностей, так и возможные временные отказы (сбои) устройств, обусловленные влиянием на их работу природных и промышленных воздействий. Приведен пример определения показателя эффективности функционирования электронной системы медицинского назначения.

## EVALUATION OF RELIABILITY AND EFFICIENCY OF ELECTRONIC MEDICAL SYSTEMS FUNCTIONING

S.M. BOROVIKOV, I.N. TSYRELCHUK, S.S. DICK, N.N. TSYRELCHUK

### Abstract

A new approach to the evaluation of the functioning of the electronic systems for medical purposes is proposed. This approach takes into account the sustainable system failures and possible temporary system device failures due to the impact of their work of natural and industrial influences.

*Keywords:* electronic systems for medical purposes, reliability and performance, temporary failures.

### Список литературы

1. ГОСТ 27.002–89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
2. Надежность технических систем. Справочник / Под ред. И. А. Ушакова. М., 1985.
3. Боровиков С.М., Шнейдеров Е.Н., Цырельчук И.Н. и др. // Сб. науч. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф. «Медэлектроника - 2010». Минск, 8–9 декабря 2010 г. С. 32–34.
4. Боровиков С. М., Шнейдеров Е.Н. // Докл. БГУИР. 2011. № 4 (58). С. 93–100.
5. Боровиков С. М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники. М., 2013.
6. Reliability prediction of electronic equipment : Military Handbook MIL–HDBK–217F. Washington, 1995.
7. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. М., 2002.
8. Боровиков С.М., Шнейдеров Е.Н., Гришель Р.П. и др. Надежность технических систем. Лабораторный практикум: пособие. Минск, 2015.

УДК 577.345 (075.8)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТРОМБОЦИТОВ ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

Л.В. КУХАРЕНКО<sup>1</sup>, С.А. ЧИЖИК<sup>2</sup>, Е.С. ДРОЗД<sup>2</sup>, Л.Г. ГЕЛИС<sup>3</sup>,  
И.В. ЛАЗАРЕВА<sup>3</sup>, Е.А. МЕДВЕДЕВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный медицинский университет  
Дзержинского, 83, Минск, 220116, Беларусь

<sup>2</sup>Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси  
П. Бровки, 15, Минск, 220072, Беларусь

<sup>3</sup>Республиканский научно-практический центр «Кардиология»  
Р. Люксембург, 110, Минск, 220036, Беларусь

Поступила в редакцию 14 ноября 2016

Атомно-силовая микроскопия использовалась для выявления ранних этапов внутрисосудистой активации тромбоцитов у лиц со стабильной стенокардией и у лиц с нестабильным течением ишемической болезни сердца для того, чтобы охарактеризовать гемостазиологический статус пациентов. Сравнительный анализ морфофункциональных параметров тромбоцитов показал, что у лиц с нестабильной стенокардией возрастает