

фоном для проведения дыхательных упражнений, аутотренинга, то при активной форме они сами участвуют в исполнении этих произведений [2, 3].

Следует помнить, что предварительно нужно провести психологическое обследование, чтобы правильно подобрать для воздействия музыкальные произведения [4]. Значительное психотерапевтическое и оздоровительное воздействие имеет ознакомление с известными художественными произведениями (как поэзия так и проза, а также просмотр художественных фильмов). При этом необходимо учитывать степень интеллектуального развития, сходство ситуации в книге с реальными событиями из жизни.

Использование технологий арсмедики способствует предотвращению развития психологических изменений, достижению максимального восстановления здоровья человека, ликвидации или уменьшению возникших ограничений жизнедеятельности, возвращению к труду и в общество.

#### *Литература*

1. Демиденко Т.Д., Ермакова Н.Г. Основы реабилитации неврологических больных. С-Пб, 2004.-304 с.
2. Гольдблат Ю.В. Медико-социальная реабилитация в неврологии. С-Пб: Политехника, 2006.-607 с.
3. Смычѣк В.Б. Реабилитация больных и инвалидов. М.:Мед. Лит, 2009.-560 с.
4. Элькин В.М. Целительная магия музыки. Гармония цвета и звука в терапии болезней. С-Пб:Медицина, 2000 – 160 с.

### **МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

***С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, С.К. Дик, Д.В. Лихачевский, Н.И. Цырельчук***

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ПИКС, 220013, г. Минск, Республика Беларусь,  
тел. +375 17 2938838, +375 17 2938601, +375 17 2938505,  
E-mail: [bsm@bsuir.by](mailto:bsm@bsuir.by), [tsyrelchuk@gmail.com](mailto:tsyrelchuk@gmail.com), [sdick@bsuir.by](mailto:sdick@bsuir.by)*

Abstract. Electronic systems for medical purposes typically have redundancy in composition of their devices. Schemes (models) for calculating the reliability of such systems is not always boil down to a series-parallel or series-parallel circuit. The problem of determining the reliability of electronic systems is urgent. The authors propose a simple method of determining the reliability of such electronic systems. The method is based on brute force performance conditions (reliability) system taking into account the conditions of reliability and failure modes of system devices.

В ряде случаев технические системы, в том числе электронные системы (ЭС) медицинского назначения, имеют с точки зрения надёжности такую структуру соединения (или взаимодействия) их составных частей, которая не сводится к параллельно-последовательным или последовательно-параллельным схемам. Примером такой ЭС может служить мостовая схема. На практике к подобным схемам можно отнести ЭС, содержащие в своём составе информационно-компьютерные подсистемы.

Будем считать, что рассматриваемая ЭС содержит в своём составе  $n$  устройств. ЭС может находиться в двух состояниях: работоспособности и отказа. Состояние ЭС обозначим символом  $R$ . Будем считать, что  $R$  принимает значение 1, если ЭС работоспособна, и значение 0, если она отказала. Состояние  $j$ -го устройства ЭС обозначим символом  $x_j$ . Будем считать, что  $x_j$  принимает значение 1, если  $j$ -е устройство работает безотказно, и значение 0, если оно отказало ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Состояние ЭС зависит от состояния её устройств, т. е.

$$R = R(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (1)$$

Функцию (1) будем называть структурной функцией системы.

Предлагается метод расчёта вероятности безотказной работы указанных технических систем, основанный на прямом переборе их работоспособных состояний. Этот метод с успехом может быть применён и для расчёта надёжности ЭС, сводящихся с точки зрения надёжности к параллельно-последовательным или последовательно-параллельным схемам соединения устройств. Однако применение метода оправдано при небольшом числе устройств в составе системы ( $n \leq 6 \dots 7$ ).

Суть предлагаемого метода. С учётом критерия отказа ЭС всё множество её технических состояний  $G$  разбивается на два подмножества: работоспособных состояний  $G_1$  и неработоспособных состояний  $G_0$ . Для каждого состояния ЭС  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  можно вычислить его вероятность  $p_X$  и далее найти вероятность безотказной работы ЭС:

$$R = P\{X \in G_1\} = \sum_{X \in G_1} p_X, \quad (2)$$

где  $P\{\dots\}$  здесь и далее означает вероятность события, указанного в фигурных скобках.

Вероятность отказа ЭС может быть определена как

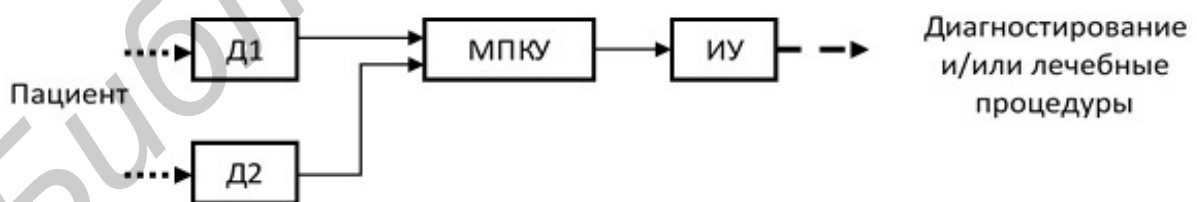
$$Q = P\{X \in G_0\} = \sum_{X \in G_0} p_X. \quad (3)$$

Для вероятности состояния системы  $X$  в предположении независимости устройств с точки зрения возникновения их отказов справедлива формула

$$p_X = \prod_{j=1}^n p_{x_j}, \quad (4)$$

где  $p_{x_j}$  – вероятность состояния  $x_j$   $j$ -го устройства ЭС ( $x_j = 1$  или  $x_j = 0$ ).

Предположим, что требуется определить вероятность безотказной работы ЭС медицинского назначения, структурная схема которой показана на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Структурная схема ЭС медицинского назначения:  
 Д1, Д2 – датчики; МПКУ – микропроцессорное контрольное устройство;  
 ИУ – исполнительное устройство

Пусть для устройств ЭС информация о вероятностях безотказной работы ( $r_j$ ) и вероятностях отказа ( $q_j$ ) для заданного времени работы  $t_3$  соответствует данным таблицы 1. На практике эти вероятности могут быть получены методами, рассмотренными в [1, 2]. Для простоты записи здесь и далее аргумент  $t_3$  при вероятностях опущен.

Таблица 1 – Информация о надёжности устройств ЭС

Обозначение вероятности	Значение вероятности для устройства ЭС			
	Д1	Д2	МПКУ	ИУ
$r_j$	0,85	0,85	0,95	0,93
$q_j$	0,15	0,15	0,05	0,07

Будем считать, что ЭС находится в работоспособном состоянии в случаях, если работоспособен хотя бы один из датчиков (Д1 или Д2) и работоспособны устройства МПКУ и ИУ.

Пример анализа. 1. Нетрудно убедиться, что схема расчёта надёжности (СРН) рассматриваемой ЭС примет вид, показанный на рисунке 2.

СРН представляет собой модель (условность), согласно которой ЭС теряет работоспособность, если на схеме (модели) от точки  $a$  до точки  $b$  нет ни одного замкнутого пути.

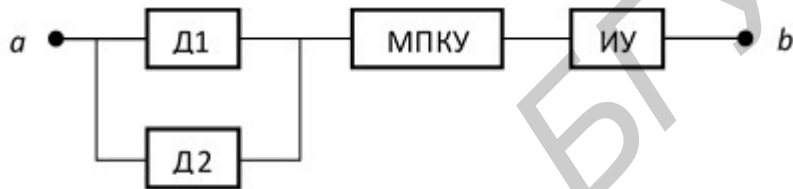


Рисунок 2 – Схема расчёта надёжности (модель) системы

2. Для определения вероятности безотказной работы ЭС используем метод прямого перебора состояний работоспособности. Возможные технические состояния (множество  $G$ ), полученные с использованием СРН, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Состояния устройств ЭС с точки зрения работоспособности

Номер состояния системы, $i$	Состояние устройства, $x_j$				Принадлежность состояния системы к подмножеству
	Д1	Д2	МПКУ	ИУ	
1	1	1	1	1	$G_1 +$
2	1	1	1	0	$G_0$
3	1	1	0	1	$G_0$
4	1	1	0	0	$G_0$
5	1	0	1	1	$G_1 +$
6	1	0	1	0	$G_0$
7	1	0	0	1	$G_0$
8	1	0	0	0	$G_0$
9	0	1	1	1	$G_1 +$
10	0	1	1	0	$G_0$
11	0	1	0	1	$G_0$
12	0	1	0	0	$G_0$
13	0	0	1	1	$G_0$
14	0	0	1	0	$G_0$
15	0	0	0	1	$G_0$
16	0	0	0	0	$G_0$

Примечания: 1. В таблице 2 цифра «1» в символическом обозначении состояния устройства отвечает его безотказной работе, а цифра «0» – отказу устройства и, как следствие, потере работоспособности.

2. Состояния, входящие в подмножество состояний безотказной работы (т. е. работоспособных)  $G_1$ , дополнительно отмечены знаком «+».  $G_0$  – составляющие подмножества неработоспособных состояний.

Из таблицы 2 видно, что только три состояния рассматриваемой ЭС принадлежат к подмножеству работоспособных состояний  $G_1$ . Это состояния под номерами 1, 5 и 9:

$$X_1 = \{1, 1, 1, 1\};$$

$$X_5 = \{1, 0, 1, 1\};$$

$$X_9 = \{0, 1, 1, 1\}.$$

При записи состояний приняты во внимание места устройств ЭС в  $X_i$  ( $i = 1, 5, 9$ ):

$$X_i = \{x_{д1}, x_{д2}, x_{мпку}, x_{иу}\},$$

где  $i$  – номер состояния ЭС в таблице 2.

3. Запишем вероятности состояний  $X_1$ ,  $X_5$  и  $X_9$ . Воспользуемся формулой (4). Получим:

$$p_{X1} = r_{д1} r_{д2} r_{мпку} r_{иу}; \quad (5)$$

$$p_{X5} = r_{д1} q_{д2} r_{мпку} r_{иу}; \quad (6)$$

$$p_{X9} = q_{д1} r_{д2} r_{мпку} r_{иу}, \quad (7)$$

где символы  $r$  и  $q$  означают вероятности безотказной работы и вероятности отказа, а по нижним индексам понятно, к каким устройствам ЭС относятся вероятности.

Подставив в выражения (5)–(7) значения вероятностей, взятых из таблицы 1, и используя выражение (2), находим вероятность безотказной работы системы:

$$R_{ЭС} = p_{X1} + p_{X5} + p_{X9} = 0,638329 + 0,112646 + 0,112646 = 0,863621 \approx 0,864.$$

#### *Литература*

1. Оценка надёжности медицинской аппаратуры в системе АРИОН / С.М. Боровиков [и др.] // Медэлектроника 2010. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сб. науч. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, Беларусь, 8–9 декабря 2010 года. – Минск: БГУИР, 2010. – С. 32–34.

2. Reliability prediction of electronic equipment : Military Handbook MIL–HDBK–217F. – Washington : Department of defense DC 20301, 1995. – 205 p.

### **ОСОБЕННОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЯМИ ПЕРИОДОНТА В СОЧЕТАНИИ С ЗУБОЧЕЛЮСТНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ**

***С.П. Рубникович, Ю.Л. Денисова, Я.И. Тимчук***

*Белорусская медицинская академия последипломного образования, ул. П.Бровки, 3, Минск,  
Беларусь, e-mail: ortostom.belmapo@gmail.com, +375 17 2674029*

Inclusion in the comprehensive treatment of patients with dentoalveolar deformities vacuum laser therapy can reduce the time postapparaturного condition (mean 2.5 days), and stimulate microcirculation to the weakening of periodontal inflammation, which provides sustained improvement in periodontal tissue in 97% of patients in all periods of observation .

Эффективность комплексного лечения пациентов с болезнями периодонта в сочетании с зубочелюстными деформациями зависит от включения дополнительных лечебно-