



Ежемесячный научно-прикладной журнал

Главный редактор: академик Ю. В. ГУЛЯЕВ

Редакционная коллегия: Л.П. Андрианова, проф. О.В. Бецкий (зам. главного редактора), П.И. Зудков, д.ф.-м.н. В.В. Кислов, к.ф.-м.н. В.В. Колесов, к.м.н. А.Ю. Лебедева, д.б.н. Н.Н. Лебедева, д.х.н. А.К. Лященко, Н.П. Майкова, д.б.н. И.В. Матвейчук, проф. Ю.П. Муха, д.ф.-м.н. Ю.В. Обухов, проф. Ю.А. Пирогов, проф. С.В. Селищев, проф. А.Г. Шейн, д.т.н. С.И. Щукин

Редакционный совет: д.т.н. Э.А. Гельвич, д.т.н. К.В. Зайченко, д.ф.-м.н. В.Я. Кислов, к.б.н. Т.И. Котровская, проф. В.П. Невзоров, д.м.н. С.Д. Плетнёв, проф. Н.И. Синицын, проф. В.Д. Тупикин, к.ф.-м.н. Ю.П. Чукова

Редактор выпуска: доктор физ.-мат. наук, профессор О. В. Бецкий

Содержание

МЕДИЦИНА Medicine



Терагерцовое излучение на частоте 400 ГГц оксида азота и агрегационная активность тромбоцитов больных нестабильной стенокардией.

*Киричук В.Ф., Андронов Е.В., Тупикин В.Д.,
Креницкий А.П., Майбородин А.В., Бецкий О.В.*

Terahertz Radiation at the Nitric Oxide Frequency 400 GHz and Platelet Aggregation in Patients with Unstable Angina.

Kirichuk V.F., Andronov E.V., Tupikin V.D., Krenitskiy A.P., Mayborodin A.V., Betskiy O.V.

4



Спектр Винера пространственного распределения коэффициента пропускания света мазком крови.

*Климов В.А., Коблова Н.Г., Кольцова М.В.,
Олейник Н.Г., Павлючук В.А., Харитонов И.Б.*

Wiener Spectrum of Spatial Distribution of Light Passing Coefficient by a Blood Smear.

Klimov V.A., Koblova N.G., Koltsova M.V., Oleynik N.G., Pavlyuchuk V.A., Kharitonov I.B.

9



О некоторых возможностях коррекции информационных процессов в функциональных системах биологических объектов.

Кубланов В.С.

About Correction of Informational Process in Functional System Biology Objects.

Koublanov V.S.

15



Повышение информативности оценки variability сердечного ритма.

Исаков Р.В., Батоцыренова Т.Е., Сушкова Л.Т.

Increase of the Information of the Heart Rate Variability Estimation.

Isakov R.V., Batotsyrenova T.E., Sushkova L.T.

23



Определение пролиферативной активности клеток слизистой оболочки желудка при гипотермии.

Потапова О.М.

The Definition of Proliferative Activity of Cells of the Mucous Membrane of the Stomach at Hypothermia.

Potapova O.M.

28



Влияние микроволнового излучения на биоэлектрическую активность мозга в условиях действия пикротоксина.

Сидоренко А. В., Казакевич В. Б., Селицкий А. П.

Influence of Microwave Radiation to Bioelectric Activity of a Brain in Conditions of Operation of a Picrotoxin.

Sidorenko A.V., Kazakevich V.B., Selitskii A.P.

92

УСТРОЙСТВА

Equipment



Математическая модель динамики средней численности приборов и аппаратов медицинского назначения в условиях разомкнутого цикла метрологического обслуживания.

Фещенко К. Б., Рудаков С. В., Козлов В. Е., Волобуев А. П., Богомолов А. В.

Mathematical Model of Dynamic of Mean Number of Gears and Meanses of Medical Assignment in Conditions of an Open Loop of a Metrology Service.

Feschenko K.B., Roodakov S.V., Kozlov V.E., Volobuev A.P., Bogomolov A.V.

99

К 80-летию со дня рождения Дмитрия Сергеевича Чернавского

104

Журнал "Биомедицинские технологии и радиоэлектроника" включен в перечень ВАК поз. 46

На нашей странице в Internet — <http://www.radiotec.ru/>
Вы можете увидеть содержание очередного номера журнала с аннотациями к статьям за месяц до выхода его в свет.

Учредитель: ЗАО "Издательское предприятие редакции журнала "Радиотехника".



Журнал зарегистрирован Министерством по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации № 0162 от 10 июня 1997 г.

Выходит при участии:

Института радиотехники и электроники АН РФ, Медико-технической ассоциации КВЧ,

МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГУ им. М.В. Ломоносова,

Научно-исследовательского и учебно-методического центра биомедицинских технологий (НИЦБМТ),

Межведомственного научного совета по медицинской биотехнологии Минздрава России и РАМН.

Зав. редакцией: Н. П. Майкова

Сдано в набор 18.04.06. Подписано в печать 30.05.06. Формат 60 x 88 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура "Таймс".

Печать офсетная. Печ. л. 13. Изд. № 42.

Адрес Издательства "Радиотехника": 107031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 20/6. Тел. (495) 625-9241. Тел./факс 621-4837.

E-mail: info@radiotec.ru <http://www.radiotec.ru/>

Компьютерная верстка Издательства "Радиотехника"

Подольская типография филиала ОАО «Чеховский полиграфический комбинат». 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 15. Зак. № 1078.

Тиражирование содержания журнала в электронном и любом другом виде только с разрешения Издательства.

© Издательство "Радиотехника", 2006 г.

Математическая модель динамики средней численности приборов и аппаратов медицинского назначения в условиях разомкнутого цикла метрологического обслуживания

К. Б. Фещенко, С. В. Рудаков, В. Е. Козлов,
А. П. Волобуев, А. В. Богомолов

Предложена математическая модель динамики средних численностей приборов и аппаратов медицинского назначения, учитывающая возможные методы метрологического обслуживания средств измерительной техники в условиях разомкнутых метрологических цепей.

The mathematical model of dynamic of an average of gears and meanses of medical assignment taking into account possible methods of a metrology service of agents of a measurement technology in conditions of the open loop metrology circuits is offered.

Одними из важных практических задач, решаемых в настоящее время специалистами здравоохранения, являются задачи оказания квалифицированной и специализированной помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Для эффективного решения таких задач используются мобильные медицинские комплексы, уровень готовности которых является одним из ключевых показателей, определяющих эффективность применения названных комплексов по предназначению. В свою очередь, уровень готовности и эффективность применения мобильных медицинских комплексов существенно зависят от состояния приборов и аппаратов медицинского назначения (ПАМН), входящих в их состав.

Для поддержания ПАМН в исправном состоянии необходимо одновременно осуществлять их метрологическое обслуживание (МЛО).

Последние исследования и публикации по проблемам синтеза систем МЛО аппаратных средств [1-7] рассматривают процессы МЛО преимущественно для условий замкнутых метрологических цепей (ЗМЦ), т.е. при наличии связи аппаратных средств с эталонной базой.

Однако то обстоятельство, что МЛО ПАМН, входящих в состав мобильных медицинских комплексов, часто осуществляется в условиях разомкнутых метрологических цепей (РМЦ), т.е. в условиях отсутствия связи ПАМН с эталонной базой, не позволяет применить для анализа эффективности их МЛО математические модели, предло-



**Константин Борисович
Фещенко** –
внешний соискатель ГНИИИ военной
медицины Минобороны России.
Научные интересы:
методы математического моделирова-
ния в метрологии, методы оценивания
эффективности системы
метрологического обслуживания
средств измерительной техники
и оптимизации ее характеристик

**Сергей Валерьевич
Рудаков** –
канд. техн. наук, доцент
кафедры метрологии
и стандартизации ХУ ВС.
Научные интересы:
методы обработки результатов
измерительного эксперимента,
изучение состояния отдельных
компонентов изоляции
многожильных кабелей,
эксплуатирующихся в особых условиях

**Валентин Евгеньевич
Козлов** –
канд. техн. наук, доцент кафедры
метрологии ВИ ВВ.
Научные интересы:
методы и алгоритмы метрологического
обслуживания средств
измерительной техники,
методы неразрушающего
контроля состояния отдельных
компонентов изоляции многожильных
кабелей



...отказать и перейти с интенсивностью использования отказов $\lambda_{\text{от}}^{\text{н}}$ (для ПАМН_н), $\lambda_{\text{от}}^{\text{с}}$ (для ПАМН_с), $\lambda_{\text{от}}^{\text{м}}$ (для ПАМН_м) в состояние E_1 , продолжительность которой $t_{\text{от}}$, либо в состояние хранения продолжительностью $t_{\text{х}}$ ПАМН, непригодного к применению по назначению (E_2), в зависимости от стратегии использования обменного фонда ПАМН:

- стратегия 1 – обменный фонд не создается;
- стратегия 2 – обменный фонд создается для ПАМН методом покомплектного обмена;
- стратегия 3 – обменный фонд создается для замены ПАМН с явными отказами;
- стратегия 4 – обменный фонд создается для замены ПАМН, забракованных при контроле метрологических характеристик с использованием самокалибрования;
- стратегия 5 – обменный фонд создается для замены ПАМН, забракованных при контроле метрологических характеристик с использованием самокалибрования, а также ПАМН с явным отказом;
- стратегия 6 – обменный фонд создается для замены ПАМН методом покомплектного обмена тех ПАМН, которые невозможно обслужить путем использования либо путем самокалибрования.

Также, в зависимости от стратегии использования обменного фонда, из состояний E_1 и E_2 :
 ПАМН_н может переходить с интенсивностью $1/T_{\text{п}}$ ($T_{\text{п}}$ – интервал времени между проверками) в состояние технической проверки (состояния E_3 и E_4 соответственно) продолжительностью $t_{\text{п}}$, либо заменяться на ПАМН из обменного фонда;

ПАМН_с может переходить с интенсивностью $1/T_{\text{п}}$ ($T_{\text{п}}$ – интервал времени между самокалибровками) к самокалибровке продолжительностью $t_{\text{п}}$, либо заменяться на ПАМН из обменного фонда;

ПАМН_м может переходить с интенсивностью $1/T_{\text{п}}$ ($T_{\text{п}}$ – интервал времени между заменами) к замене на ПАМН из обменного фонда.

Техническая проверка сопровождается возникновением ложных отказов с интенсивностью $\lambda_{\text{л}}$ и необнаруженных отказов с интенсивностью $\lambda_{\text{н}}$, самокалибровка, соответственно, с интенсивностями $\lambda_{\text{л}}^{\text{с}}$ и $\lambda_{\text{н}}^{\text{с}}$. Вследствие этого, бу-

лучи метрологически исправным и находясь в состоянии технической проверки (состояние E_3 для ПАМН_н), либо в состоянии самокалибровки (E_4 для ПАМН_с) ПАМН может признаваться годным и с интенсивностью $1/t_{\text{п}}$ (для ПАМН_н) или $1/t_{\text{п}}$ (для ПАМН_с) переходить в состояние применения по назначению метрологически исправного ПАМН (E_1), или ошибочно признаваться негодным и с интенсивностью $\lambda_{\text{л}}^{\text{н}}$ (ПАМН_н), $\lambda_{\text{л}}^{\text{с}}$ (ПАМН_с), в зависимости от стратегии использования обменного фонда, заменяться на ПАМН из обменного фонда (E_2) либо переходить в состояние хранения ПАМН, непригодного к применению по назначению (E_2). А, имея отказ и находясь в состоянии E_4 (ПАМН_н) или E_4 (ПАМН_с), ПАМН может признаваться негодным и с интенсивностью $1/t_{\text{п}}$ (ПАМН_н), $1/t_{\text{п}}$ (ПАМН_с) переходить, в зависимости от стратегии использования обменного фонда, в состояние замены на ПАМН из обменного фонда (E_2) или в состояние хранения ПАМН, непригодного к применению по назначению (E_2), либо признаваться годным и переходить с интенсивностью $\lambda_{\text{от}}^{\text{н}}$ (ПАМН_н), $\lambda_{\text{от}}^{\text{с}}$ (ПАМН_с) в состояние применения по назначению ПАМН с отказом (E_2).

Предложенный граф переходов является обобщенным, поскольку объединяет в себе три графа, а именно:

- 1) граф изменений состояния ПАМН с самокалиброванием (ПАМН_с);
- 2) граф изменений состояния ПАМН, контроль метрологических характеристик которого осуществляется путем технической проверки ПАМН (ПАМН_н);
- 3) граф изменений состояния ПАМН, обслуживаемого только путем использования обменного фонда (ПАМН_м).

Для практического использования синтезированного графа необходимо построить систему уравнений, позволяющую определить динамику среднего числа ПАМН, находящихся в каждом из возможных состояний.

С этой целью введем в рассмотрение следующие случайные величины – характеристики структуры ПАМН

$$\lambda_{\text{л}}^{\text{н}}(t) - \text{число ПАМН}_{\text{н}};$$

$$\lambda_{\text{л}}^{\text{с}}(t) - \text{число ПАМН}_{\text{с}};$$



$X_i^{ec}(t)$ – число ПАМН_{ec}, находящихся в момент t в состоянии E_i графа переходов, которые будем называть численностями состояния E_i в момент t для соответствующего вида ПАМН.

На практике оперируют со средними численностями: $m_i^m(t)$, $m_i^{jk}(t)$, $m_i^{ec}(t)$, представляющими

собой математические ожидания введенных случайных величин [8]. На основе метода динамических средних [8], с использованием предложенного графа была составлена система дифференциальных уравнений для набора ПАМН_m, описывающая эксплуатацию ПАМН в условиях отсутствия угроз и полумарковской моделью с дискретными состояниями и непрерывным временем.

$$\begin{cases} \frac{dm_1^m}{dt} = - \left[\lambda_{nr}^m + (k_4 + k_6)\lambda_{jr}^m + \frac{k_1 + k_5 + k_7}{T_m} \right] m_1^m + \frac{k_1}{\tau_m} m_3^m + \frac{k_8}{\tau_2} m_7^m; \\ \frac{dm_2^m}{dt} = \lambda_{nr}^m m_1^m - \left[(k_4 + k_6)\lambda_{jr}^m + \frac{k_1 + k_5 + k_7}{T_m} \right] m_2^m + k_1 \lambda_{nr}^m m_4^m; \\ \frac{dm_3^m}{dt} = \frac{k_1}{T_m} m_1^m - \left[\frac{k_1}{\tau_m} + (k_2 + k_3) \lambda_{jr}^m \right] m_3^m; \\ \frac{dm_4^m}{dt} = \frac{k_1}{T_m} m_2^m - \left[k_1 \lambda_{nr}^m + \frac{k_2 + k_3}{\tau_m} \right] m_4^m; \\ \frac{dm_7^m}{dt} = (k_6 \lambda_{jr}^m + \frac{k_7}{T_m}) m_1^m + (k_6 \lambda_{jr}^m + \frac{k_7}{T_m}) m_2^m + k_2 \lambda_{jr}^m m_3^m + \frac{k_2}{\tau_m} m_4^m - \frac{k_8}{\tau_2} m_7^m; \\ \frac{dm_8^m}{dt} = (k_4 \lambda_{jr}^m + \frac{k_5}{T_m}) m_1^m + (k_4 \lambda_{jr}^m + \frac{k_5}{T_m}) m_2^m + k_3 \lambda_{jr}^m m_3^m + \frac{k_3}{\tau_m} m_4^m, \end{cases}$$

при начальных условиях:

$$m_1^m(0) = N_m,$$

$$m_2^m(0) = m_3^m(0) = m_4^m(0) = m_7^m(0) = m_8^m(0) = 0,$$

где характеристики системы МЛО следующие:

λ_{nr}^m – интенсивность метрологических отказов ПАМН_m;

λ_{jr}^m – интенсивность явных отказов ПАМН_m;

λ_{fr}^m – интенсивность ложных отказов при контроле метрологических характеристик ПАМН_m;

λ_{nr}^m – интенсивность необнаруженных отказов при контроле метрологических характеристик ПАМН_m;

N_m – количество ПАМН_m;

$k_1 \dots k_8$ – коэффициенты влияния стратегий использования обменного фонда (см. таблицу).

Таблица. Коэффициенты влияния стратегии использования обменного фонда ПАМН

Номер стратегии	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8
1	1	0	1	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	1
3	1	0	1	0	0	1	0	1
4	1	1	0	1	0	0	0	1
5	1	1	0	0	0	1	0	1
6	1	1	0	0	0	1	1	1

...среднеквадратические отклонения численности ПАМН можно найти по формуле [8]:

$$\sigma(t) = \sqrt{m^*(t) \left(1 - \frac{m^*(t)}{N_m}\right)}$$

...зависимости средней численности РМЦ введем случайную величину, характеризующую общую численность метрологических ПАМН, применяющихся по назначению РМЦ для момента t :

$$X(t) = X_1^*(t) + X_2^*(t) + X_3^*(t),$$

...что если случайная величина представляет собой сумму независимых случайных величин, то ее математическое ожидание определяется как

$$M\{X(t)\} = m_1^*(t) + m_2^*(t) + m_3^*(t), \quad (1)$$

а среднеквадратическое отклонение вычисляется по формуле

$$\sigma(t) = \sigma_1^*(t) + \sigma_2^*(t) + \sigma_3^*(t). \quad (2)$$



Величины, входящие в выражения (1) и (2), можно получить при решении записанной выше системы дифференциальных уравнений для наборов ПАМН_м, ПАМН_а и ПАМН_с.

Таким образом, предложенная математическая модель устанавливает связь для условий РМЦ между характеристиками структуры ПАМН, характеристиками системы МлО ПАМН и одним из основных показателей МлО ПАМН – средней численностью метрологически исправных ПАМН, применяющихся по назначению. Наличие такой связи позволяет оптимизировать структуру ПАМН и систему МлО ПАМН с целью повышения эффективности МлО ПАМН в условиях РМЦ.

Литература

1. Оценка эффективности и параметрический анализ метрологического обеспечения радиоаппаратуры. М.: МЛСЭР, 1984.

2. Математическая модель системы метрологического обеспечения контрольно-измерительной аппаратуры. – Измерительная техника, 1987, №4, с. 74–78.

3. Крещик В.В., Кривошук В.И. и др. Автоматизация метрологического обслуживания СИ промышленности. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

4. Математическая модель эксплуатации измерительной техники с учетом применения обменного фонда. Информационные системы, 1994, вып. 2, с. 32–36.

5. Учет полных результатов и затрат при синтезе метрологического обслуживания на основе

ИИС. – Сб. трудов 1-й военно-научной конф. ХВУ. – Х.: ХВУ, 1996, с. 127–130.

6. Флорин А.П., Яковлев М.Ю. Показатели эффективности системы метрологического обслуживания средств измерительной техники и постановка задач их оптимизации. – Автоматизированные системы управления и приборы автоматики, 1999, вып. 111; с. 27–30.

7. Яковлев М.Ю., Герасимов С.В. Комплексная методика синтеза автоматизированной измерительной системы для метрологического обслуживания контрольно-проверочных комплексов. – Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАМН, ХВУ, 2001, вып. 1, с. 10–13.

8. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.

Поступила 3 апреля 2006 г.

Перечень используемых символов

Русское слово	Английское слово	Сокращение от английского
самокалибровка	self-calibration	sk
контроль	monitoring	m
обменный фонд	exchange collection	ec
замена	substitution	z
метрологический отказ	metrology refusal	mr
явный отказ	manifestative refusal	jr
ложный отказ	false refusal	fr
необнаруженный отказ	the undetected refusal	ur

и
АМН
h ₀
0
1
1
1
1
1

5-6