

Вимірюйте
усе доступне вимірюванню
й робіть недоступне вимірюванню
доступним.

Галілео Галілей

ISSN 2307-2180

Метрологія



та прилади

№ 2(46), 2014

Науково-виробничий журнал

Журнал **зареєстровано:**
у Державній реєстраційній
службі України, свідоцтво серія
КВ № 20033-8933ПР від 17.05.2013;
у Вищій атестаційній комісії України,
Постанова Президії **БАК**
№ 1-05/2 від 10.03.2010

Журнал **включено** до Міжнародної
наукометричної бази даних
Index Copernicus, лист від 08.03.2013

Засновники:

Академія метрології України,
Харківський національний
університет радіоелектроніки (ХНУРЕ),
ТОВ виробничо-комерційна
фірма «Фавор»

Видається з **2006** року
Передплатний індекс **92386**

Редакційна колегія:

Большаков В. Б., д. т. н., с. н. с.
Варша З., д. т. н., Польща
Величко О. М., д. т. н., проф.
Віткін Л. М., д. т. н., проф.
Володарський Є. Т., д. т. н., проф.
Гінзбург М. Д., д. т. н., проф.
Грищенко Т. Г., д. т. н., с. н. с.
Гудрун В., д. т. н., Німеччина
Домницький Р. А.
Жагора М. А., д. т. н., проф., Білорусь
Захаров І. П., д. т. н., проф.
Зенкін А. С., д. т. н., проф.
Коломієць Л. В., д. т. н., проф.
Крюков О. М., д. т. н., проф.
Кузьменко Ю. В.
Маловик К. М., к. т. н., доц.
Мачехін Ю. П., д. т. н., проф.
Назаренко Л. А., д. т. н., проф.
Несєжмаков П. І., к. т. н.
Петришин І. С., д. т. н., проф.
Радев Х., д. т. н., проф., Болгарія
Рожнов М. С., к. х. н., с. н. с.
Руженцев І. В., д. т. н., проф.
Скубіс Т., д. т. н., проф., Польща
Столярчук П. Г., д. т. н., проф.
Сурду М. М., д. т. н., проф.
Туз Ю. М., д. т. н., проф.
Хакімов О., д. т. н., проф., Узбекистан
Чалий В. П., к. т. н., с. н. с.
Черепков С. Г., к. т. н., доц.
Чуновкіна А. Г., д. т. н., Росія

Редакційна група:

Головний редактор Фісун В. П.
Науковий редактор — відповідальний
секретар Винокуров Л. І.
Дизайнер-верстальник Зайцев Ю. О.

Журнал **рекомендовано до друку**
вченою радою ХНУРЕ
(протокол №33 від 18.04.2014)

Видавець ВКФ «Фавор»

Адреса редакції:

61002, Харків, вул. Мироносицька, 40;
Тел.: (057) 780-78-00, (095) 00-68-665
E-mail: mp@metrology.kharkov.ua
<http://www.metpriladi.com/>

Підписано до друку 08.05.2014.
Формат 60×84/8. Папір крейдований.
Ум. друк. арк. 8,43. Обл.-вид. арк. 7,13.
Друк офсетний. Тираж 450 прим.
Замовлення № 28.

© «Метрологія та прилади», 2014

Уквітні, узагальнивши пропозиції провідних метрологів і стандартизаторів стосовно реформування та подальшого розвитку системи технічного регулювання, редакція журналу «Метрологія та прилади» звернулася з відповідним листом до Міністерства економічного розвитку і торгівлі України.

Опрацювавши їх, Міністерство представило свої позицію і дії щодо зазначеного питання, які сьогодні безсумнівно цікавлять багатьох фахівців.

Як головний орган у системі центральних органів виконавчої влади (ЦОВВ) з формування та забезпечення реалізації державної політики, зокрема у сфері технічного регулювання, та уповноважений ЦОВВ у сфері метрології Міністерства економічного розвитку, відповідно до покладених на нього завдань, вживає заходів, спрямованих на реформування системи технічного регулювання. Останні полягають у впровадженні актів європейського ринкового та секторального законодавства, удосконаленні чинного законодавства; забезпеченні діяльності інституцій у сфері технічного регулювання згідно з існуючою європейською практикою та гармонізації національних стандартів з міжнародними й європейськими.

З метою удосконалення правових та організаційних засад національної системи стандартизації, яка відповідатиме сучасним міжнародним й європейським вимогам на практиці, розроблено проект Закону України «Про стандартизацію» (нова редакція). Спрямований він, зокрема, на утворення й функціонування єдиного національного органу стандартизації (НОС), що не є органом державної влади (функції НОС виконуватиме юридична особа публічного права). До повноважень НОС, зокрема, передбачено передати функції, які наразі виконує Мінекономрозвитку: організацію та координацію діяльності у сфері стандартизації, затвердження програми робіт зі стандартизації, прийняття і скасування національних стандартів, утворення, припинення діяльності технічних комітетів стандартизації та координацію їх роботи, представлення інтересів України у міжнародних і регіональних організаціях стандартизації, співробітництво з НОС інших держав.

З метою удосконалення правових та організаційних засад національної метрологічної системи розроблено проект Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» (нова редакція). Ним пропонується нова структура національної метрологічної служби, яка передбачає, зокрема, функціонування:

- ЦОВВ, що забезпечує формування державної політики у сфері метрології та метрологічної діяльності;
- ЦОВВ, що реалізує таку політику;
- ЦОВВ, що реалізує державну політику у сфері метрологічного нагляду.

Отже, реалізація зазначених проектів Законів України передбачає створення необхідних інституцій у сфері технічного регулювання відповідно до існуючої європейської практики.

Законом України «Про центральні органи виконавчої влади» встановлено, що Міністерство є органом, який забезпечує формування державної політики у відповідній сфері, визначає пріоритетні напрями розвитку, забезпечує нормативно-правове регулювання, вправі видавати накази нормативно-правового змісту. Інші центральні органи виконують виключно окремі функції з реалізації державної політики. У разі, якщо більшість функцій ЦОВВ складають функції з надання адміністративних послуг фізичним і юридичним особам, ЦОВВ утворюється як служба. Створення служби, яка б виконувала лише незначну частину функцій у сфері технічного регулювання, Мінекономрозвитку вважає недоцільним.

МЕТРОЛОГІЧНИЙ САМОКОНТРОЛЬ

Тайманов Р., Сапожникова К.

Научно-технические основы повышения
достоверности измерений 3

METROLOGICAL SELF-CHECK

Тайманов Р., Сапожникова К.

Scientific and-Engineering Basis
of Measurement Reliability Improvement

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Фединець В., Лесовой Л.

Вплив умов теплообміну
на інерційність термоперетворювачів
для вимірювання температури газових потоків 9

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH

Fedynets V., Lesovoi L.

Influence of Terms of Heat Exchange
on Inertance of Temperature Receivers
for Temperatures of Gas Streams Measuring

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ

Чинков В.

Методика оцінювання похибок
цифрових лічильників електроенергії, заснованих
на вимірюванні потужності методом перемножування 13

METHODS AND PROCEDURES

Chinkov V.

Methods of Evaluation of Digital Meters
Electric Power Errors, Based
on Measuring Powers by the Method of Multiplying

ПОВІРКА ТА КАЛІБРУВАННЯ

Большаков В., Косач Н.

Особенности калибрования ЗВТ витрати рідини 18

VERIFICATION AND CALIBRATION

Bolshakov V., Kosach N.

Features of Flow Measurements Calibration

ТОЧНІСТЬ ТА ДОСТОВІРІСТЬ

Стенцель Й., Литвінов К.

Дослідження точності вимірювання
за реологічних перетворень фізичної величини 24

ACCURACY AND RELIABILITY

Stentsel I., Litvinov K.

Accuracy Measurement Investigation
by Rheological Transformation of Physical Quantity

ЕТАЛОННА БАЗА

Малышев Ю.

Автоматизация Государственного специального
эталона единицы удельной теплоемкости твердых тел
в диапазоне температур 1337—1800 К «ГЭТ 67–75» 31

MEASUREMENT STANDARD BASE

Malyshev Yu.

Automation of State Special Standard of Unit of Specific
Solid Frames Heat-Conduction in the Range
of Temperatures 1337—1800 K «ГЭТ 67–75»

МОДЕЛЮВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Лактіонов І.

Розроблення математичної моделі
та обґрунтування структури засобу
вимірювального контролю вологості ґрунту 35

MEASURING SYSTEMS MODELLING

Laktionov I.

Development of the Mathematical Model
and Meter Structure Substantiation
of the Soil Moisture Monitoring

МЕТРОЛОГІЯ В МЕДИЦИНІ

Мачехин Ю., Курской Ю.

Модель измерения здоровья человека.
Метрологический подход 40

METROLOGY IN MEDICINE

Yu. Machehin, Yu. Kurskoy

The Measurement Model of Human Health.
Metrological Approach

ГАЗОВИЙ АНАЛІЗ

Козубовський В., Карватський Ю.

Побутові комбіновані прилади подвійного
призначення — пожежні сповіщувачі газові
та газосигналізатори загазованості приміщень 45

GAS ANALYSIS

Kozubovskiy V., Karvatskiy Yu.

Combined Domestic Devices with Dual Purpose:
Gas Detectors that Warn About the Presence
of Fire and Measure Indoor Gas Pollution

ХІМІЧНА МЕТРОЛОГІЯ

Калинюк М.

Организация процесса анализа
титановых сплавов на вміст домішок кисню,
азоту, водню та вуглецю 50

CHEMICAL METROLOGY

Kalyniuk N.

Arrangement of the Process for Titanium Alloys Analysis
on Content of Oxygen, Nitrogen, Hydrogen
and Carbon Impurities

ВИМІРЮВАЛЬНІ ЛАБОРАТОРІЇ

Моцак Т., Уткіна Л., Ермакова О., Корчагіна О., Говорова К.

Проблемні питання проведення
міжлабораторних порівнянь результатів вимірень
у вуглекислих лабораторіях 58

MEASURING LABORATORIES

Motsak T., Utkina L., Ermakova E., Korchagina E., Govorova K.

Problem Questions about Interlaboratory
Comparison of Measurements Results
in Coal Laboratories

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК

Безрук З.

Методи і засоби контролю викидів
сміттєспалювального заводу 63

PARAMETERS AND CHARACTERISTICS CONTROL

Z. Bezruk

Methods and Means of Control Emissions
of Waste Incineration Plant

ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ

План набору слухачів на 2014 рік 72

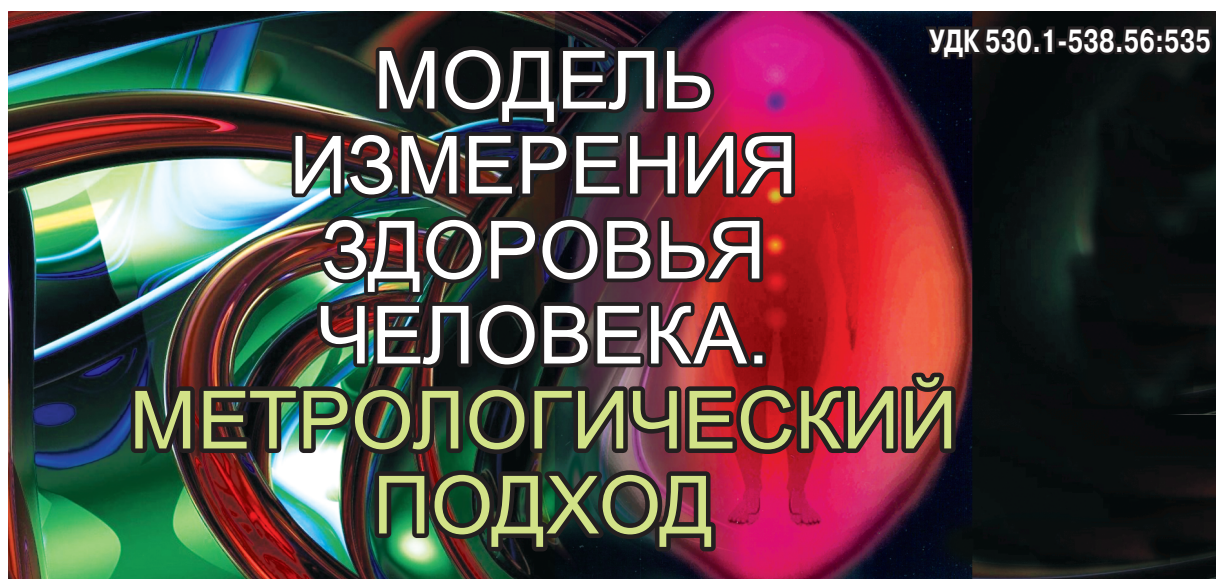
TRAINING EXPERTS

State Enterprise for Year 2014

ІНФОРМАЦІЯ

17, 44, 49

INFORMATION



Ю. Мачехин, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физических основ радиоэлектроники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники,

Ю. Курской, кандидат технических наук, доцент кафедры охраны труда, стандартизации и сертификации, Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков

Описан новый подход к метрологическому обоснованию задач измерения в нелинейных динамических системах (НДС). Обсуждается модель измерения здоровья человека на основе понятий теории динамических систем и теории информации. Основываясь на свойствах динамических систем, показано, что время как физическая величина может быть использовано для количественной оценки здоровья. Для этого предложено измерять время восстановления равновесного состояния организма после прекращения действия возбуждающих факторов. Предложены числовой портрет, энтропийные и временные шкалы для количественной оценки состояния здоровья.

The article describes a new metrological approach for solving tasks of measurements in nonlinear dynamical systems. The measurement model of human health is discussed. The model based on the concepts of the dynamical systems and information theories.

The article contains three main parts. The first part contains a description of new metrological tasks associated with the measurements of characteristics of biological and financial objects and systems [1, 2]. The metrological approaches and models for measurement in the nonlinear dynamic systems are considered [5, 6-10]. The main task of the article is creation and study of the measurement model of human health.

The second part presents the human body model as an open nonlinear dynamical system [11, 12]. Based on the properties of dynamical systems it is shown that time, as the physical quantity, can be used for quantitative description of human health.

The third part contains a description of the measurement model of human health. For measurement of health the model uses the Shannon entropy and the intervals of body characteristics values in the equilibrium and excited states. The return time to equilibrium state after stop of external excitation is considered as a basic indicator of health level. The numerical portrait, entropy and time scales are proposed for evaluation of health status [14, 15].

Ключевые слова: измерение здоровья, метрологическая модель, нелинейная динамическая система, энтропия Шеннона, временная и энтропийная шкалы.

Keywords: health measure, metrology model, nonlinear dynamic system, Shannon entropy, time and entropy scales.

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Современная метрология как наука играет ключевую роль в обеспечении единства измерений во многих сферах производственной деятельности человека. Эффективность использования средств измерений в промышленности, оборонной технике, энергетике, транспорте, науке и медицине напрямую связана с качеством метрологического обеспечения средств измерений, точностью результатов измерения.

В настоящее время актуальными стали вопросы развития теории измерений и метрологического обеспечения методов и средств измерений в области «необычных» задач. К таким задачам, озвученным в последние годы на конференциях ИМЕКО, относятся измерения:

- человеческого, социального и природного ресурса;
- показателей финансовых рынков;
- запахов;
- характеристик биологических популяций;
- здоровья человека и другие [1, 2].



Ю. Мачехин



Ю. Курской

Постановка подобных экзотических задач, с точки зрения современной теории измерений, имеет вполне прагматичное основание. Например, в условиях упадка мировой экономики точность измерения ресурсов и показателей финансовых рынков влияет на эффективность управления экономикой и обществом.

Целью данной работы является построение и исследование модели измерения здоровья человека.

Известно около восьмидесяти определений термина «здоровье». Среди прочих выделим два: первое — «здоровье — это нормальная функция организма на всех уровнях его организации, нормальный ход биологических процессов, способствующих индивидуальному выживанию и воспроизводству»; второе — «здоровье — это динамическое равновесие организма и его функций с окружающей средой» [3]. Все определения носят качественный, обобщенный характер, не основаны на результатах измерений.

Предлагаемая в статье формулировка постановки задачи измерения здоровья основывается на свойствах организма как динамической системы, т. е. на свойствах гомеостаза организма. Сложность вопроса измерения здоровья заключается в том, что современная теория измерений построена таким образом, что может быть использована лишь для решения технических задач [4]. При этом измеряемая величина считается неизменной (или меняется по детерминированному закону), а разброс результатов измерения имеет случайный характер, зависящий от влияния внешней среды. Математическое обоснование и физические модели существующей теории разработаны для линейных или линеаризованных систем.

Поведение объектов и систем живой природы имеет сложный характер, что приводит к осознанию невозможности использования существующих математических и физических моделей измерений [5, 6].

Для измерения параметров НДС создаются теоретические основы, обеспечивающие анализ результатов измерений в НДС [6—10]. Модель измерения, представленная в [6—9], построена на основных положениях и методах теории динамического хаоса, методах фрактального анализа временных рядов и концепции неопределенности измерений.

Описанные в [9] подходы к измерениям в НДС основываются на характере поведения системы вблизи устойчивого состояния. Модель анализа результатов измерений [10] позволяет отказаться от составления уравнения измерения, но требует реконструкции фазового портрета и анализа клю-

чевых характеристик НДС: фрактальной размерности и размерности вложения, показателей Ляпунова и энтропии Колмогорова-Синая.

Измерение здоровья человека можно рассматривать как измерение времени возвращения в устойчивое состояние НДС после воздействия нормированного возмущения. Следуя этому предположению, в этой статье рассматривается математическая модель измерения здоровья человека как временного процесса, характеризующего возвращение системы из возмущенного состояния в стационарное, устойчивое. Предлагается разработать и использовать шкалы состояния здоровья человека.

ЧЕЛОВЕК КАК ОТКРЫТАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Для решения поставленной задачи необходимо предложить физическую модель, способную адекватно описать живой организм. Наблюдения окружающего мира показывают, что большинство реальных систем — физических, биологических, социальных, экономических — можно отнести к открытым диссипативным НДС. Состояния таких систем характеризуются группой ДП $[X_1(t), \dots, X_n(t)]$, значения которых в любой момент времени t связаны с начальными значениями $[X_1(t_0), \dots, X_n(t_0)]$ функцией эволюции F [11]:

$$F[X_1(t_0), \dots, X_n(t_0)] \rightarrow [X_1(t), \dots, X_n(t)]. \quad (1)$$

Реальные НДС чувствительны к влиянию окружающей среды. Внешние воздействия и шумы приводят к выходу НДС из положения равновесия, в которое они могут возвращаться после прекращения воздействия. Таким НДС свойственен хаотичный режим поведения. В состоянии хаоса их ДП обладают чрезвычайно сильной зависимостью от начальных условий. Фазовый портрет таких систем представляет собой странный аттрактор [12]. Хаотичный режим может быть как переходным состоянием к регулярному режиму, так и длительным. ДП НДС в состоянии хаоса свойственно экспоненциальное расхождение траекторий в фазовом пространстве. При этом связь значения ДП $X_i(t)$ с начальным состоянием $X_i(t_0)$ (1) может быть описана выражением:

$$X_i(t) \sim X_i(t_0) \exp(-\lambda_i t), \quad (2)$$

где λ_i — показатель Ляпунова ДП $X_i(t)$.

Показатель Ляпунова λ , являющийся ключевой характеристикой НДС, может быть рассчитан по результатам наблюдения за системой и является

величиной, обратной времени прогноза поведения ДП t_f , $\lambda = 1/t_f$, по истечении которого ДП X_i теряет связь со своим начальным значением $X_i(t_0)$.

Хаос возможен во всех НДС с числом степеней свободы больше двух. Примеры хаотичных режимов НДС можно найти в биологии, химии, метеорологии, электротехнике, физике лазеров, акустике. Это и реакция Белоусова — Жаботинского, и ячейки Бернара, и метеорологическая модель погоды Лоренца, и поведение акустических лучей в дальнем поле. В линейных или аффинных случаях хаотическое поведение не наблюдается [12].

Организм человека, как и все комплексные биологические открытые системы, наделен гомеостазом — способностью сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия. Эта способность самоорганизации позволяет организму вернуться в свое равновесное состояние после возмущений, вызванных внешними воздействиями. Такое стремление восстанавливать утраченное равновесие, преодолевать сопротивление внешней среды является обязательным условием выживания биологических систем. Время T , необходимое организму для возвращения в равновесное состояние, может служить количественным параметром оценки состояния здоровья организма. Явления самоорганизации, аналогичные гомеостазу, наблюдаются и в других, небологических открытых НДС.

Изучение открытых биологических систем с позиций теории динамического хаоса показало, что «естественным» состоянием для таких систем является состояние промежуточное между полным хаосом и полной организацией. Именно такое промежуточное состояние обеспечивает возможность развития и гомеостаза системы. Для таких систем вводится понятие «нормы хаотичности» как степени упорядоченности, соответствующей нормальному функционированию системы. Норма хаотичности определяется эмпирическим способом с использованием S-теоремы Ю. Климонтовича для открытых систем [13].

Физическую модель организма человека можно представить в виде открытой диссипативной НДС. ДП системы связаны между собой и могут быть описаны выражением (1), где n динамических переменных $X_i(t)$ соответствуют характеристикам организма (пульсу, артериальному давлению и прочим). Система подвержена внешним влияниям, способным менять значения ее ДП. В отсутствие внешних воздействий система пребывает в равновесном состоянии $X_i(t_0)$ (1). Она обладает способностью самоор-

ганизации — после прекращения внешнего воздействия выполняется переход ДП из возбужденного $X_i(t)$ в равновесное $X_i(t_0)$ состояние, $X_i(t) \rightleftharpoons X_i(t_0)$ в течение интервала времени T . Значение времени T восстановления равновесного состояния организма после прекращения действия нормированного внешнего воздействия может быть использовано в качестве ключевой характеристики количественной оценки здоровья человека.

МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Для оценки состояния здоровья человека как открытой НДС предлагается использовать следующие характеристики:

- ♦ значения ДП $X_i(t_0)$ равновесного и $X_i(t)$ возбужденного состояний системы;
- ♦ значения энтропии Шеннона равновесного H_0 и возбужденного $H(t)$ состояний системы;
- ♦ время прогноза t_f ;
- ♦ время возврата T системы из возбужденного в равновесное состояние.

С этой целью следует измерить n ДП $X_i(t_0)$ системы в равновесном состоянии. Учитывая, что характеристики организма даже в равновесном состоянии непостоянны (частота пульса здорового человека в состоянии покоя колеблется от 60 до 80 ударов в минуту), каждая ДП определяется интервальным значением $[X_i^{\min}(t_0), X_i^{\max}(t_0)]$. Совокупность из n таких интервалов формирует n -мерный фазовый портрет состояния — странный аттрактор системы. Нахождение всех n ДП $X_i(t)$ в границах странного аттрактора $X_i(t) \in [X_i^{\min}(t_0), X_i^{\max}(t_0)]$, $i = 1 \dots n$ свидетельствует о равновесном состоянии системы (организма). Выход $X_i(t_0)$ за рамки интервала равновесия позволяет говорить о нарушении функции, характеризующей данной ДП.

Состояние ДП X_i системы может быть охарактеризовано при помощи энтропии Шеннона H . Для этого предлагается использовать выражение для нормированной энтропии [14]:

$$\|H_i\| = \frac{-\sum_l p(X_{il}) \ln p(X_{il})}{\ln [X_i^{\max} - X_i^{\min}]}, \quad (3)$$

где $p(X_{il})$ — плотность распределения вероятности l -го значения ДП X_i .

Выражение (3) справедливо для случая, когда между измерениями l -го и $l+1$ -го состояниями ДП X_i проходит время $t > t_f$ и связь между состояниями теряется. В противном случае в выражении (3) используется условная энтропия [15].

Согласно (3) нормированная энтропия Шеннона может принимать значения от 0 до 1. Нулевое значение соответствует регулярному протеканию процессов в НДС, а 1 — максимальному хаосу. Как первое, так и второе состояния несовместимы с нормальным существованием биологической системы. Определив нормированную энтропию Шеннона, для равновесного состояния системы (организма) энтропийную шкалу можно дополнить третьей контрольной точкой $\|H_0\|$, при этом $0 < \|H_{i0}\| < 1$. Благодаря свойству аддитивности энтропии Шеннона, воспользовавшись выражением для энтропии отдельной ДП (3), можно определить нормированную энтропию всей системы $\|H\|$.

При возбуждении одной из ДП $X_i(t)$ (1) из равновесного состояния выходят все остальные. При этом интервал возбужденного состояния ДП $X_i(t)$ $[X_i^{\min}(t), X_i^{\max}(t)]$ отличен от интервала равновесного состояния $[X_i^{\min}(t_0), X_i^{\max}(t_0)]$, он может быть как больше, так и меньше интервала равновесия. Странный аттрактор может как расширяться, так и сжиматься. Значение нормированной энтропии Шеннона (3) $\|H_i(t)\|$ также будет отлично от значения энтропии равновесного состояния $\|H_{i0}\|$.

После снятия внешнего воздействия все ДП $X_i(t)$ стремятся вернуться в свое равновесное состояние. Время T_i возвращения ДП $X_i(t)$ в равновесное состояние характеризует состояние характеристики организма, обозначенной ДП $X_i(t)$. Время возврата в равновесное состояние «здоровой» ДП обозначим T_{i0} . Набор из n значений времен возврата T_i в равновесное состояние может быть использован для составления шкал здоровья отдельных органов и всего организма человека.

В результате измерений составляется числовой портрет состояния здоровья вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} [X_i^{\min}(t_0), X_i^{\max}(t_0)], \|H_{i0}\|, t_{i0} \\ [X_i^{\min}(t), X_i^{\max}(t)], \|H_i\|, t_{fi} \\ T_i, i = 1 \dots n. \end{array} \right\}. \quad (4)$$

Количественная оценка состояния здоровья (4) выполняется по результатам анализа набора из n эн-

тропийных и временных шкал:

$$\left. \begin{array}{l} 0 \dots \|H_{i0}\| \dots 1, \\ 0 \dots T_{i0} \dots \infty, \\ i = 1 \dots n \end{array} \right\}. \quad (5)$$

Периодический контроль ДП организма и анализ данных (4), (5) позволяет количественно оценить состояние здоровья в целом или отдельных органов, наблюдать динамику процессов. Ключевым параметром при оценке здоровья является время возврата к равновесному состоянию T после снятия нормированного внешнего возбуждения, время гомеостаза. В случае, когда все n значений временных интервалов возврата T_i соответствуют временам возврата для здорового организма, можно утверждать, что человек здоров. Если один из интервалов выходит за рамки, то это свидетельствует о нарушении определенной функции организма. Существующие методы и технические средства измерения времени позволяют выполнить эту задачу с высокой точностью.

ВЫВОДЫ

Описан новый подход к метрологическому обоснованию задач измерения в нелинейных динамических системах.

Предложены метрологические подходы и модель измерения здоровья человека как интегральной характеристики состояния организма. Физическая модель организма представлена как открытая, диссипативная нелинейная динамическая система с функцией самоорганизации.

В метрологической модели используются: интервалы значений характеристик организма в равновесном и возбужденном состояниях; энтропия Шеннона. В качестве основного показателя состояния здоровья рассматривается время возврата в равновесное состояние после снятия нормированного внешнего возбуждения.

Для количественной оценки состояния здоровья предложены числовой портрет, энтропийные и временные шкалы оценок состояния здоровья организма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Fisher W. P. New metrological horizons: invariant reference standards for instruments measuring human, social, and natural capital [Text] / W. P. Fisher // 12th IMEKO TC1 & TC7 Joint Symposium on Man Science & Measurement September, 3 — 5, 2008, Annecy, France. — 2008. — P. 51—58
2. Guerra A. Control of variability for man measurement [Text] / A. Guerra, M. Pillet, J. Maire // 12th IMEKO TC1 & TC7 Joint Symposium on Man Science & Measurement September, 3 — 5, 2008, Annecy, France. — 2008. — P. 45—50.
3. Калью П. И. Сущностная характеристика понятия «здоровье» и некоторые вопросы перестройки здравоохранения: обзорная информация [Текст] / П. И. Калью. (Kalyu P. I. (1988) The essential characteristic of «health» concept and some of the

- issues the health care overhaul: an overview) — М., 1988. — 452 с/р.
4. Machekhin Yu. Physical models for analysis of measurement results [Text] / Yu. Machekhin // Measurement Techniques, Springer New York. — 2005. — № 48. — Р. 555—561.
 5. Горбань И. И. Теория гиперслучайных явлений: физические и математические основы [Текст] / И. И. Горбань (Gorban I. Theory of hyperrandom phenomena: the physical and mathematical foundations. Kiev. Naukova Dumka). — К.: Наукова думка, 2011. — 318 с/р.
 6. Мачехин Ю. Особенности влияния хаотического поведения динамических систем на неопределенность измерения [Текст] / Ю. Мачехин // Измерительная техника (Machekhin Yu. Features of influence of the chaotic behavior of dynamical systems on the uncertainty of measurement. Measurement technology). — 2008. — № 01. — С/Р. 38—45.
 7. Мачехин Ю. Фрактальная шкала для временных рядов результатов измерений [Текст] / Ю. Мачехин // Измерительная техника (Machekhin Yu. Fractal scale for time-series measurements. Measurement technology). — 2008. — Вып. 08. — С/Р. 40—43.
 8. Machekhin Yu. Measurement science foundations [Текст] / Ю. Мачехин // Системы обработки информации (Machekhin Yu. Measurement science foundations. Systems of information processing). — 2011. — № 06 (96). — С/Р. 36—40.
 9. Мачехин Ю. Модель измерения параметров нелинейных динамических систем [Текст] / Ю. Мачехин, Ю. Курской // Системы обработки информации (Machekhin Yu., Kurskoy Yu. Model for measurement of nonlinear dynamic systems parameters. Systems of information processing). — 2012. — № 01 (99). — С/Р. 169—175.
 10. Мачехин Ю., Курской Ю. Анализ результатов измерений в нелинейных динамических системах [Текст] / Ю. Мачехин, Ю. Курской // Системы обработки информации (Machekhin Yu., Kurskoy Yu. Analysis of measurement results in nonlinear dynamical systems. Systems of information processing). — 2012. — № 07 (105). — С/Р. 117—122.
 11. Schuster H. Deterministic chaos [Text] / H. Schuster. Physik-Verlag. Weinheim (Schuster H. Deterministic chaos, Physik-Verlag Weinheim. — 1984. — 240 p/c).
 12. Лоскутов А. Ю. Очарование хаоса [Текст] / А. Ю. Лоскутов // Успехи физических наук (Loskutov A. Yu. Charm chaos. Successes of physical sciences). — 2010. — Т/V. 180. — № 12. — С /Р. 1304—1329.
 13. Климонтович Ю. Л. Критерии относительной степени упорядоченности открытых систем [Текст] / Ю. Л. Климонтович // Успехи физических наук (Klimontovich Yu.L. The criteria for the relative degree for order in open systems. Successes of physical sciences). — 1996. — № 11 (166). — С/Р. 1231—1243.
 14. Курской Ю. Энтропийная шкала оценки результата измерений [Текст] / Ю. Курской // Системы обработки информации (Kurskoy Yu. The entropic scale for evaluation of measurement results. Systems of information processing). — 2013. — № 06 (110). — С/Р. 169—175.
 15. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов [Текст] / Вентцель Е. С.; 7-е изд. — М.: Высш. шк., (Wentzel E. S. Probability theory: Textbook. for high schools. — М.: High school). — 2001.— 575 с/р. 

Получено / received: 18.11.2013.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Л.А. Кошевой (Украина).
Prof. L.A. Kosheva, D.Sc. (Techn), Ukraine, recommended this particle to be published.

У передньому номері журналу на стор. 4 в статті щодо метрологічної діяльності Департаменту технічного регулювання Мінекономрозвитку не з вини редакції загальні обсяги метрологічних робіт, вико-

наних ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», подано не за роки, а за квартали. Реальні загальні обсяги становлять 10 540,2 тис. грн за 2013 рік і 950,2 тис. грн за 2012 рік. 