

Вимірюйте
усе доступне вимірюванню
й робіть недоступне вимірюванню
доступним.

Галілео Галілей

ISSN 2307-2180

Метрологія



Та прилади

№ 6(50), 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 **ВАК**
№ 1-05/2 від 10.03.2013

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.
Несжмаков 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. Т., 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 №41 від 15.12.2014)

Видавник ВКФ «Фавор»

Адреса редакції:

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

Підписано до друку 30.12.2014.
Формат 60×84/8. Папір крейдований.
Ум. друк. арк. 8,43. Обл.-вид. арк. 7,13.
Друк офсетний. Тираж 450 прим.
Замовлення № 47.

© «Метрологія та прилади», 2014

Україна вступає в Новий, 2015 рік! У ці святкові новорічні дні українці, поздоровляючи один одного, бажають своїм рідним, близьким, друзям, співробітникам, співгромадянам, як завжди, здоров'я, щастя, добробуту, проте нині, в першу чергу, миру і спокою на своїй благодатній землі!

Ще ніколи за 23 роки своєї незалежності Україна не наражалася на таку небезпеку своїй державності як у 2014 році. У пам'яті народній минулий рік назавжди залишиться як рік анексії Криму північним сусідом, подальших його зазіхань на територію і розпалювання сепаратизму на сході та півдні нашої країни, справжньої вітчизняної війни українського народу за територіальну цілісність і європейський вибір нашої держави, численних жертв як серед військових, так і мирного населення, зруйнованих і знищених міст і селищ.

Тому із 2015 роком основні сподівання українців пов'язані з установами миру, проведенням у країні необхідних реформ у всіх сферах виробничого, господарського і громадського життя, початком сталого економічного зростання і підвищення рівня якості життя людей.

Здійснення всіх найкращих побажань і сподівань у Новому 2015 році зичать своїм читачам, авторам, всім фахівцям і співробітникам метрологічної та приладобудівної галузей редакція та редколегія журналу «Метрологія та прилади». Так сталося, що саме цей випуск виявився ювілейним, п'ятдесятим! Протягом усіх дев'яти років діяльність журналу спрямовувалася на безпосередню допомогу метрологам і приладобудівникам у поширенні та освоєнні нових методів і засобів вимірювання, в ознайомленні їх з перспективними напрямками розвитку галузей. Такою вона передбачається й у подальшому. Щиро дякуємо всім, хто був з нами, починаючи з 2006 року, і сподіваємося, що Ви залишатиметесь з нами і надалі. Запрошуємо до співпраці всіх зацікавлених в успішному розвитку й удосконаленні метрології та приладобудування.

ВИМІРЮВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ	MEASUREMENT AND TESTS
Леонов Г., Демченко А., Ціпоренко О. Вимірювання великих сил методом паралельного навантаження групи динамометрів.....3	Leonov G., Demchenko A., Tsiiporenko O. Measurement of large forces by parallel loading for dynamometers group.....3
ТОЧНІСТЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ	ACCURACY AND RELIABILITY
Стенцель Й., Літвінов К., Шаповалов О. Дослідження точності вимірювання за реологічних перетворень фізичної величини з конвекційним перенесенням.....8	Stentsel I., Litvinov K., Riabichenko A. Accuracy Measurement Investigation by Rheological Transformation of Physical Quantity with convection transfer.....8
МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ	METHODS AND PROCEDURES
Бабюк С. Можливість визначення похибок високовольтних вимірювальних трансформаторів струму під навантаженням.....13	Babiuk S. Possibility for finding errors of the high-voltage current measuring transformers under loading.....13
ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ	PARAMETERS AND CHARACTERISTICS
Бовсунівська Ю., Кричевець О., Орлов В., Шабаліна Л., Кухтаров С. Дослідження первинних вимірювальних перетворювачів системи безпеки гідротехнічних споруд каскаду ГЕС ПАТ «Укргідроенерго».....20	Bovsunovska Ju., Krychevets O., Orlov V., Shabalina L., Kuhtarov S. Research of primary measuring converters of safety hydrotechnical constructions cascade HPP for private corporation «Ukrhydroenergo».....20
МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	METROLOGICAL ASSURANCE
Подригало М., Коробко А., Радченко Ю. Система метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії.....24	Podrigalo M., Korobko A., Radchenko Yu. The system of metrological assurance testing laboratory.....24
ПОХИБКИ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	ERRORS AND UNCERTAINTY
Сурду М., Ламеко О., Панич О. Аналіз джерел похибок логарифмічних вимірників параметрів імпедансу — вимірювальний ланцюг.....29	Surdu M., Lameko O., Panych O. Analysis of errors sources for impedance parameters in logometric meters — measuring chain.....29
ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ АЛГОРИТМИ	CALCULABLE ALGORITHMS
Чинков В. Оцінювання похибок обчислювальних алгоритмів цифрових вимірників статистичних характеристик ергодичних випадкових процесів.....37	Chinkov V. Evaluation of Calculable Algorithms Errors for Digital Measuring Devices of Ergodic Random Processes Statistical Descriptions.....37
ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БЕЗПЕКА	EFFICIENCY AND SAFETY
Косач Н., Бейнер Н. Аналіз охолодних пристроїв в оборотних системах водопостачання АЕС.....42	Kosach N., Beyner N. Analysis of the NPS water supply circulating system cooling facilities.....42
ОБЛІК ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ	ENERGY CONSUMPTION ACCOUNTING
Евтух П., Михайлов О., Вакулєнко О. Зниження похибки визначення балансів електроенергії та потужності у високовольтних мережах.....47	Evtukh P., Mykhailov O., Vakulenko O. Error reduction on determining of electricity and power balances at high-voltage transmission lines.....47
ГЕОДЕЗИЧНА МЕТРОЛОГІЯ	GEODESIC METROLOGY
Тревого І., Цюпак І. Метрологічна атестація еталонного базису технологією GNSS.....52	Trevoho I., Tsyupak I. Metrological certification of standard linear basis by GNSS technology.....52
МЕТРОЛОГІЯ У МЕДИЦИНІ	METROLOGY IN MEDICINE
Мачехин Ю., Курской Ю. Норма энтропии как реперная точка шкалы измерения здоровья.....56	Machehin Yu., Kurskoy Yu. Norm of Entropy as a Fixed Point for the Health Measurement Scale.....56
ХІМІЧНА МЕТРОЛОГІЯ	CHEMICAL METROLOGY
Калинюк М. Визначення вмісту «поверхневого» та «об'ємного» водню в алюмінії та сплавах на його основі.....61	Kalyniuk N. Determination of «surface» and «volumetric» hydrogen content in aluminum and aluminum-bases alloys.....61
СЕМІНАРИ, КОНФЕРЕНЦІЇ, З'ЇЗДИ	SEMINARS, CONFERENCES, CONGRESSES
Рекомендації конференції «Метрологія-2014».....70	Recommendations of conference «Metrology-2014».....70
ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ	TRAINING EXPERTS
План набору слухачів на 2015 рік.....72	State Enterprise for Year 2015.....72
ІНФОРМАЦІЯ	INFORMATION
.....12, 23, 28, 5112, 23, 28, 51



УДК 530.1-538.56:535

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

Развита предложенная авторами в [11] метрологическая модель измерения здоровья человека. Ключевыми элементами модели являются энтропийная и временная шкалы измерения состояния здоровья. Реперной точкой энтропийной шкалы является норма энтропии — значение энтропии Шеннона, соответствующее здоровому состоянию организма. Показано, что норма энтропии является индивидуальной характеристикой организма и меняет свое значение с течением времени. Предложен способ определения нормы энтропии, учитывающий индивидуальность и эволюционные изменения организма. Решена задача определения значения величины внешнего нормированного воздействия, необходимого для определения времени возврата системы в устойчивое состояние, используемое в качестве количественной характеристики здоровья.

A measurement of human health is one of the major problems of modern metrology. In the article [11] the authors proposed the health measurement model that uses, like the main elements, the entropy and time measurement scales. In this article the health measurement model is developed.

Ключевые слова: измерение здоровья, метрологическая модель, нелинейная динамическая система, энтропия Шеннона, норма энтропии, нормированное воздействие.

Keywords: health measurement, metrological model, nonlinear dynamic system, Shannon entropy, entropy norm, normalized stress.

ЗДОРОВЬЕ КАК ОБЪЕКТ ИЗМЕРЕНИЯ

К перспективным задачам метрологической науки относятся задачи, связанные с измерениями величин в нелинейных динамических системах (НДС) со сложным характером поведения. Такие задачи возникают при необходимости измерения величин, характеризующих состояние биологических объектов, физических, экологических, климатических, социальных и финансовых систем [1, 2]. Особое место среди обсуждаемых задач занимают измерения в медицине. При существующей мировой тенденции индивидуального подхода к диагностике и лечению человека особую важность приобретает точность измерения параметров человеческого организма.

The article contains four main parts. The first part contains a description of new metrological tasks associated with the measurements of biological systems characteristics [1, 2]. The new metrological approaches and models for measurement in the nonlinear dynamic systems are considered [6-10]. The main task of the article is determination of Shannon entropy norm for healthy body. The entropy norm is a fixed point of the entropy measurement scale.

The second part presents the human body like a self-organizing open nonlinear dynamic system. In the third part it is shown that the entropy norm is an individual characteristic of a body and changes in time. The method for determination of the entropy norm, that takes into account the individual and evolutionary changes in body, is developed.

In the fourth part the normalized external stress problem is solved. The normalized external stress is used for measurement of return time that a body spends for returning to a stable state. In frame of the health measurement model the return time is a quantitative characteristic of human health.

The results can be used for developing of individual approaches to medical diagnostics and treatment of human, for example for individual dosages of medical procedures and pharmaceuticals.



Ю. Мачехин



Ю. Курской

Рассматриваемые объекты представляют собой открытые диссипативные системы. Состояние и поведение таких систем описываются набором динамических переменных (ДП), значения которых меняются с течением времени по сложному, нелинейному закону [3]. К таким системам относятся большинство из реальных систем окружающего мира, в котором линейность и неизменность значений физических величин являются, скорее, модельным представлением или редким исключением, нежели общим правилом.

Реальные НДС обладают рядом особенностей. Кроме того, что они подвержены влиянию внешних шумов, их ДП зависят от поведения самой системы, в том числе и в условиях стохастического режима поведения. При этом фазовый портрет системы принимает вид странного аттрактора, фазовые траектории которого в конечном фазовом объеме расходятся по экспоненциальному закону, что приводит к запутыванию и перемешиванию траекторий. Составить детерминированное уравнение поведения ДП НДС практически невозможно [4].

Для изучения реальных НДС создана междисциплинарная теория динамического хаоса [5], на которую сегодня с успехом опираются ученые при исследовании НДС различной природы. При этом возникает вопрос корректности проведения измерений в таких системах. Специфика свойств НДС существенно ограничивает применение классических подходов и моделей, основанных на представлениях о том, что измеряемая величина считается неизменной или меняется по детерминированному закону, а разброс результатов измерения носит случайный характер, обусловленный шумом [4].

В последнее время выполнен ряд теоретических и прикладных работ, направленных на разработку принципов измерения значений ДП НДС. В [6] исследованы особенности влияния хаотического поведения динамических систем на неопределенность измерения. Доказано, что классические подходы к оценке неопределенности результатов измерения нуждаются в модернизации [6]. В [7] предложена фрактальная шкала анализа временных рядов результатов измерений, позволяющая при помощи фрактальной размерности классифицировать характер поведения НДС. В [8] предложена модель измерения и оценки неопределенности результатов измерения значений ДП НДС. Модель позволяет определить не только значения ДП в отдельные моменты времени, но и интервал всех возможных состояний ДП, а также связь между ними. В [9] приведена модель анализа результатов измерений в НДС,

основанная на положениях теории динамического хаоса. В [10] процесс измерения ДП НДС рассмотрен с позиций информационной теории, предложен новый подход к энтропийному анализу результатов измерений.

Результаты работ [6–10] позволили выработать подходы и создать модель измерения здоровья человека [11]. В рамках этой модели организм человека рассматривается как открытая, диссипативная НДС с функцией самоорганизации. Разделяют устойчивое (состояние нормального функционирования) и возбужденное состояние организма, из которого организм постепенно возвращается в устойчивое состояние.

В модели измерения здоровья используются: интервалы значений ДП организма $X(t)$ (пульс, артериальное давление) в устойчивом $[X_{Stab}^{min}(t), X_{Stab}^{max}(t)]$ и возбужденном $[X^{min}(t), X^{max}(t)]$ состояниях; нормированная энтропия Шеннона в устойчивом $\|H_{Stab}\|$ и возбужденном $\|H\|$ состояниях; время прогноза поведения ДП $X(t)$ в устойчивом t_{fStab} и возбужденном t_f состояниях. Нормированная энтропия описывается выражением:

$$\|H\| = \frac{H}{\ln N}, \quad (1)$$

где H — энтропия Шеннона, рассчитанная по результатам измерения ДП $X(t)$;

N — количество состояний, которое может принимать ДП $X(t)$.

В качестве основного показателя состояния здоровья рассматривается T — время возврата в устойчивое состояние после снятия нормированного внешнего воздействия. Для количественной оценки состояния здоровья предложены числовой портрет (2), энтропийные и временные шкалы оценки состояния здоровья (3):

$$\left. \begin{array}{l} [X_{Stab}^{min}(t), X_{Stab}^{max}(t)], \|H_{i0}\|, t_{fStab} \\ [X^{min}(t), X^{max}(t)], \|H\|, t_f \\ T \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 \dots \|H_{Stab}\| \dots 1, \\ 0 \dots T_{Stab} \dots \infty. \end{array} \right\} \quad (3)$$

Энтропия Шеннона H является ключевым понятием информационной теории измерения и используется как характеристика разброса результатов измерения. Однако в случае измерения ДП НДС она характеризует и разброс истинных значений ДП, что и отображено в энтропийной шкале (3).

Использование энтропийной шкалы позволяет судить о смещении состояния ДП НДС от устойчивого состояния в сторону порядка $\|H\| \rightarrow 0$ или

максимального хаоса $\|H\| \rightarrow 1$ (3). При этом ключевым моментом является определение реперной точки энтропийной шкалы — значения нормы энтропии H_{Stab} , соответствующего здоровому состоянию организма. Разработка подходов к определению значения нормы энтропии открытой НДС с функцией самоорганизации является **целью работы**.

ОТКРЫТАЯ БИСТАБИЛЬНАЯ СИСТЕМА

С позиций теории сложных систем [12] биологический организм или орган можно рассматривать как открытую, эволюционирующую НДС с функцией самоорганизации, состояние которой определяется набором ДП $X(t)$. Далее будем рассматривать отдельный орган как открытую бистабильную НДС с одной ДП $X(t)$. Бистабильность означает, что ДП $X(t)$ может пребывать в двух состояниях: устойчивом $X_{Stab}^{min}(t) \leq X(t) \leq X_{Stab}^{max}(t)$ (нормальное функционирование органа) и возбужденном $X^{min}(t) \leq X(t) \leq X^{max}(t)$ (рисунок). Вследствие внешнего воздействия Q ДП $X(t)$ за интервал времени Δt переходит в возбужденное состояние. После устранения воздействия $X(t)$ возвращается в устойчивое состояние за время T . За восстановление устойчивого состояния отвечает функция самоорганизации, в биологической терминологии — гомеостаз. В случае сбоя в функционировании органа время возврата T возрастает или ДП $X(t)$ вовсе не может вернуться в рамки устойчивого состояния самостоятельно $T \rightarrow \infty$ (3).

Для практического применения метрологической модели измерения здоровья (2), (3) необходимо определить, что считать нормой энтропии H_{Stab} , характеризующей устойчивое состояние ДП $X(t)$, а также какой величины должно быть внешнее воздействие Q на систему для определения времени возвращения T ДП $X(t)$ в устойчивое состояние. Ответы на эти вопросы позволят определить:

- во-первых, насколько велико отклонение состояния органа от нормы;
- во-вторых, какое воздействие (физическое или фармацевтическое) необходимо приложить, чтобы вернуть орган в рамки устойчивого состояния.

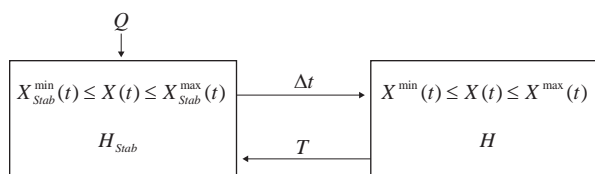


Схема открытой бистабильной НДС с функцией самоорганизации

The scheme of open bistable nonlinear dynamic system with self-organization function

Решение этих задач способствует выработке индивидуальных подходов к диагностике и лечению, в том числе точной индивидуальной дозировке медицинских процедур и фармацевтических препаратов.

НОРМА ЭНТРОПИИ

Живой организм представляет собой эволюционирующую во времени открытую НДС с функцией самоорганизации. Ю. Климантович доказал, что для такого рода систем действует закон уменьшения энтропии. Он же ввел критерий относительной степени упорядоченности состояний подобных систем, известный как «S-теорема», который может быть применён для сравнения степени упорядоченности по экспериментальным данным [13].

Являясь характеристикой состояния системы, энтропия живых организмов меняется с течением времени вследствие внешних воздействий и эволюции. При этом её значение может как уменьшаться, так и возрастать. Энтропию реальной НДС можно определить по результатам измерения значения ДП $X(t)$ по формуле:

$$H = -\sum_i p(X_i) \ln p(X_i), \tag{4}$$

где $p(X_i)$ — плотность распределения вероятности i -го значения ДП X .

Заметим, что выражение (4) справедливо для марковского процесса. В противном случае, что нередко для хаотичного процесса, вводится понятие условной энтропии Шеннона [14, 15]:

$$H(X_1, \dots, X_n) = -\sum_i p_{i-1} p(X_i | X_{i-1}, \dots, X_{i-n}) \ln p(X_i | X_{i-1}, \dots, X_{i-n}), \tag{5}$$

где p_{i-1} — плотность вероятности состояния X_{i-1} ; $p(X_i | X_{i-1}, \dots, X_{i-n})$ — плотность вероятности состояния X_i при условии известной плотности вероятности предыдущих состояний.

Результат измерения энтропии, полученный по (4) или (5), необходимо сравнить со значением нормы энтропии H_{Stab} :

$$\Delta H = H - H_{Stab} \tag{6}$$

Значение ΔH согласно критерию «S-теоремы» является показателем степени хаотичности.

На практике значение нормы энтропии H_{Stab} определяется как усредненное значение результатов измерения энтропии ряда схожих НДС [13]. Однако, в случае медицинских измерений такой подход противоречит задаче индивидуального подхода к диагностике состояния здоровья и лечению человека. Во-первых, в природе не существует абсолютных идентичных систем. Во-вторых, биологические

системы эволюционируют во времени. Для эволюционирующей системы значение нормы энтропии меняется в зависимости от этапа эволюции.

Исходя из этого, можно сформулировать следующие принципы и правила определения нормы энтропии органа или функции организма человека:

- норма энтропии H_{Stab} является индивидуальной характеристикой отдельного органа;
- норма энтропии H_{Stab} меняется при эволюционных изменениях организма, поэтому её значение должно периодически определяться заново;
- значения энтропии H определяются по экспериментальным данным в момент наблюдения (4), (5);
- нормированные значения H и H_{Stab} определяются по формуле (1);
- показатель степени хаотичности ΔH определяется из выражения (6);
- анализ смещения динамики органа в сторону хаотичности или регулярности выполняется в соответствии с энтропийной шкалой (3).

Определенная таким образом норма энтропии H_{Stab} является реперной точкой энтропийной шкалы оценки состояния здоровья (3).

НОРМИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Для диагностики в соответствии с моделью [11] состояния органа последний, характеризуемый ДП $X(t)$, выводится из устойчивого состояния внешним нормированным воздействием Q (рисунок). При нормированном воздействии время T возврата из возбужденного в устойчивое состояние различно для здорового и больного органов.

Определение нормированного воздействия Q является одним из ключевых вопросов модели измерения здоровья. Значение Q должно быть таким, чтобы изучаемая система, выйдя из устойчивого состояния, могла самостоятельно в него вернуться. То есть значение Q не должно превышать некоего критического значения Q_{max} , $Q \leq Q_{max}$.

Для определения Q_{max} свяжем величину внешнего воздействия Q с показателем степени хаотичности ΔH (6). Рассмотрим значение энтропии для устойчивого состояния — норму энтропии H_{Stab}

и значение энтропии для возбужденного состояния, при котором система не может самостоятельно вернуться в устойчивое состояние, назовем ее энтропией болезни H_I . Эти значения связаны с интервалами значений ДП $X(t)$ для здорового состояния $X_{Stab}^{min}(t) \leq X(t) \leq X_{Stab}^{max}(t)$ и состояния болезни $X_I^{min}(t) \leq X(t) \leq X_I^{max}(t)$ выражениями:

$$\left. \begin{aligned} H_{Stab} &= -\sum_i p(X_i, X_{Stab}^{min}, X_{Stab}^{max}) \ln p(X_i, X_{Stab}^{min}, X_{Stab}^{max}), \\ H_I &= -\sum_i p(X_i, X_I^{min}, X_I^{max}) \ln p(X_i, X_I^{min}, X_I^{max}) \end{aligned} \right\} (7)$$

Из (6) и (7) определим значение показателя степени хаотичности ΔH_I , соответствующего переходу системы в состояние болезни:

$$\Delta H_I = H_I - H_{Stab}. \quad (8)$$

Изменение энтропии на величину ΔH_{is} соответствует внешнему воздействию Q_{max} . Исходя из выражения (8) значение внешнего воздействия должно быть меньшим значения Q_{max} , вызывающим приращение энтропии на величину ΔH_I .

ВЫВОДЫ

В статье получила развитие модель измерения здоровья человека. Ключевой характеристикой модели является норма энтропии, соответствующая здоровому состоянию организма и которая служит реперной точкой энтропийной шкалы оценки состояния здоровья.

Показано, что норма энтропии является индивидуальной характеристикой отдельного органа и меняет свое значение с течением времени. Предложен способ определения значения нормы энтропии, учитывающий индивидуальность организма и его эволюционные изменения.

Решена задача оценки величины внешнего нормированного воздействия, необходимого для определения времени возврата системы в устойчивое состояние, используемое в качестве количественной характеристики здоровья.

Результаты исследования дополнили предложенный ранее цифровой портрет состояния здоровья человека и могут быть использованы для выработки индивидуальных подходов к диагностике и лечению, в том числе точной индивидуальной дозировке медицинских процедур и фармацевтических препаратов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / 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. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / пер. с английского [Текст] / М.: Постмаркер (Kronover R.M. Fraktaly i khaos v dinamicheskikh sistemakh. Osnovy teorii / per. s angliyskogo [Tekst] / M.: Postmarker), 2000. — 352 с/р.
4. Лоскутов А.Ю. Очарование хаоса [Текст] / А.Ю. Лоскутов // Успехи физических наук (Loskutov A.Yu. Ocharovaniye khaosa [Tekst] / A. Yu. Loskutov // Uspekhi fizicheskikh nauk). — 2010. — Т/В. 180. — № 12. — С/Р. 1304—1329.
5. Schuster H., Deterministic chaos, Physik-Verlag Weinheim, 1984, 240 p.
6. Machekhin Yu. Measurement science foundations [Текст] / Ю. Мачехин // Системы обработки информации. — 2011. — Вып. 06 (96). — С/Р. 36—40.
7. Мачехин Ю. Фрактальная шкала для временных рядов результатов измерений [Текст] / Ю. Мачехин // Измерительная техника (Machekhin Yu. Fraktal'naya shkala dlya vremennykh ryadov rezul'tatov izmereniy [Tekst] / Yu. Machekhin // Izmeritel'naya tekhnika). — 2008. — Вып./Is. 08. — С/Р. 40—43.
8. Мачехин Ю. Модель измерения параметров нелинейных динамических систем [Текст] / Ю. Мачехин, Ю. Курской // Системы обработки информации (Machekhin Yu. Model izmereniya parametrov nelineynykh dinamicheskikh sistem [Tekst] / Yu. Machekhin, Yu. Kurskoy // Sistemy obrabotki informatsii). — 2012. — № 01 (99). — С/Р. 169—175.
9. Мачехин Ю. Анализ результатов измерений в нелинейных динамических системах [Текст] / Ю. Мачехин, Ю. Курской // Системы обработки информации (Machekhin Yu. Analiz rezul'tatov izmereniy v nelineynykh dinamicheskikh sistemakh [Tekst] / Yu. Machekhin, Yu. Kurskoy // Sistemy obrabotki informatsii). — 2012. — № 07 (105). — С/Р. 117—122.
10. Мачехин Ю. Энтропийный анализ динамических переменных [Текст] / Ю. Мачехин, Ю. Курской // Системы обработки информации (Machekhin Yu. Entropiynyy analiz dinamicheskikh peremennykh [Tekst] / Yu. Machekhin, Yu. Kurskoy // Sistemy obrabotki informatsii). — 2013. — № 01 (106). — С/Р. 117—122.
11. Ю. Мачехин Модель измерения здоровья человека. Метрологический подход [Текст] / Ю. Мачехин, Ю. Курской // Метрологія та прилади (Yu. Machekhin Model' izmereniya zdorov'ya cheloveka. Metrologicheskii podkhod [Tekst] / Yu. Machekhin, Yu. Kurskoy // Metrologiya ta priladi). — 2014. — № 02. — С/Р. 40—44.
12. А. Ю. Лоскутов. Основы теории сложных систем [Текст] / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов. — М. — Ижевск: Институт компьютерных исследований (A. Loskutov. Osnovy teorii slozhnykh sistem [Tekst] / A. Loskutov, A. Mikhaylov. — M. — Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy), 2007. — 620 с/р.
13. Климантович Ю.Л. [Текст] Критерии относительной степени упорядоченности открытых систем / Ю.Л. Климантович // УФН (Klimantovich Yu.L. [Tekst] Kriterii odnositel'noy stepeni uporyadochennosti otkrytykh sistem / Yu. L. Klimantovich // UFN). — 1996. — Т/В. 166, №11. — С/Р. 1231—1243.
14. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов [Текст] / Е. С. Вентцель; 7-е изд. — М.: Высш. Шк. (Venttsel Ye. S. Teoriya veroyatnostey: Ucheb. dlya vuzov [Tekst] / Ye. S. Venttsel'; 7-ye izd. — M.: Vyssh. Shk.), 2001. — 575 с/р.
15. Курской Ю. Энтропийная шкала анализа результатов измерения [Текст] / Ю. Курской // Системы обработки информации (Kurskoy Yu. Entropiynaya shkala analiza rezul'tatov izmereniya [Tekst] / Yu. Kurskoy // Sistemy obrabotki informatsii). — 2013. — № 00 (105). — С/Р. 117—122. ❏

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.