



№30 2021
International independent scientific journal

ISSN 3547-2340

Frequency: 12 times a year – every month.

The journal is intended for researches, teachers, students and other members of the scientific community. The journal has formed a competent audience that is constantly growing.

All articles are independently reviewed by leading experts, and then a decision is made on publication of articles or the need to revise them considering comments made by reviewers.

Editor in chief – Jacob Skovronsky (The Jagiellonian University, Poland)

- Teresa Skwirowska - Wrocław University of Technology
 - Szymon Janowski - Medical University of Gdansk
 - Tanja Swosiński – University of Lodz
 - Agnieszka Trpeska - Medical University in Lublin
 - María Caste - Politecnico di Milano
 - Nicolas Stadelmann - Vienna University of Technology
 - Kristian Kiepmann - University of Twente
 - Nina Haile - Stockholm University
 - Marlen Knüppel - Universität Jena
 - Christina Nielsen - Aalborg University
 - Ramon Moreno - Universidad de Zaragoza
 - Joshua Anderson - University of Oklahoma
- and other independent experts

Częstotliwość: 12 razy w roku – co miesiąc.

Czasopismo skierowane jest do pracowników instytucji naukowo-badawczych, nauczycieli i studentów, zainteresowanych działalnością naukową. Czasopismo ma wzrastającą kompetentną publiczność.

Artykuły podlegają niezależnym recenzjom z udziałem czołowych ekspertów, na podstawie których podejmowana jest decyzja o publikacji artykułów lub konieczności ich dopracowania z uwzględnieniem uwag recenzentów.

Redaktor naczelny – Jacob Skovronsky (Uniwersytet Jagielloński, Poland)

- Teresa Skwirowska - Politechnika Wrocławska
 - Szymon Janowski - Gdański Uniwersytet Medyczny
 - Tanja Swosiński – Uniwersytet Łódzki
 - Agnieszka Trpeska - Uniwersytet Medyczny w Lublinie
 - María Caste - Politecnico di Milano
 - Nicolas Stadelmann - Uniwersytet Techniczny w Wiedniu
 - Kristian Kiepmann - Uniwersytet Twente
 - Nina Haile - Uniwersytet Sztokholmski
 - Marlen Knüppel - Jena University
 - Christina Nielsen - Uniwersytet Aalborg
 - Ramon Moreno - Uniwersytet w Saragossie
 - Joshua Anderson - University of Oklahoma
- i inni niezależni eksperci

1000 copies

International independent scientific journal
Kazimierza Wielkiego 34, Kraków, Rzeczpospolita Polska, 30-074
email: info@iis-journal.com
site: <http://www.iis-journal.com>

CONTENT

AGRICULTURAL SCIENCES

Vozhehova R., Reznichenko N.

WATER USE OF WINTER BARLEY UNDER VARIOUS METHODS OF TILLAGE IN A CROP ROTATION AT IRRIGATION 3

Kotelnikov D., Vozhehova R.

ENERGY EFFICIENCY OF MAIN TILLAGE AND FERTILIZATION IN IRRIGATED CONDITIONS OF SOUTHERN UKRAINE 9

Shirokov Yu., Platonov V.

NEW TECHNOLOGICAL PROCESS FOR IMPROVING NATURAL FERTILIZERS BASED ON HUMATES 15

ECONOMIC SCIENCES

Varchenko O., Hudzii V.

FORMATION OF THE FINANCIAL STABILITY MANAGEMENT SYSTEM OF ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF THE THEORY OF FINANCIAL MANAGEMENT 19

Bakrunov Yu.

CLASSIFICATION AND CHOICE OF SOURCES OF DEVELOPER PROJECTS FINANCING 25

Mishchenko V., Avershyn S.

THE INFLUENCE OF INNOVATION AND CLUSTER DEVELOPMENT ON THE COMPETITIVENESS OF REGIONS AND COUNTRIES 29

MEDICAL SCIENCES

Zaslavskaya R., Zhumabayeva T., Tejblum M.

PHARMAKOECONOMICAL ANALYSIS OF TRADITIONAL THERAPY AND CHRONOTHERAPY OF PATIENTS SUFFERING FROM ISCHEMIC HEART DISEASE ON THE BACKGROUND DIABETES MELLITUS TYPE 2 26

Kulikova N., Konchugova T.,

Fesyun A., Tkachenko A.

ФАРМАКОЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОЙ ТЕРАПИИ И ХРОНОТЕРАПИИ БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА НА ФОНЕ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА 36
METHODS OF PHYSICAL AND INSTRUMENTAL PHYSIOTHERAPY IN PATIENTS AFTER HIP REPLACEMENT 38

PHILOLOGICAL SCIENCES

Abdullina A., Lysova O., Safina R., Saisanova M.

HISTORICAL ACCURACY OF V. TENDRYAKOV'S STORY "BREAD FOR A DOG" 45

Simbuletova R., Outleva F.,

Shkhumishkhova A.

CONTROL TOOLS FOR THE FORMATION OF SPEECH COMPETENCE 48

PHILOSOPHICAL SCIENCES

Holovko A.

THE NATURE OF LANGUAGE AS A DISTRIBUTION SPACE OF SINGULARITIES IN THE WORKS OF GILLES DELEUZE 50

PSYCHOLOGICAL SCIENCES

Melikyan L.

ACADEMIC DEPENDENCY IN FOREIGN LANGUAGE ACQUISITION (ON THE EXAMPLE OF KUWAITI-ARMENIAN CLASS OBSERVATIONS) 58

SOCIAL SCIENCES

Kharitanovich S.

TOURIST INDUSTRY IN MODERN CONDITIONS 60

TECHNICAL SCIENCES

Nevlyudov I., Andrusevich A.,

Starodubcev N., Vlasenkov D.

MODELING THE TECHNICAL RESOURCE OF ELECTRONIC COMPONENTS OF AUTOMATION EQUIPMENT 61

Konoviy A., Volik B.

ADAPTATION OF THE GEOMETRIC MODEL OF THE BODY OF A MARINE ANIMAL TO WORK AS A TILLAGE TOOL 66

TECHNICAL SCIENCES

MODELING THE TECHNICAL RESOURCE OF ELECTRONIC COMPONENTS OF AUTOMATION EQUIPMENT

Nevlyudov I.,
Andrusevich A.,
Starodubcev N.,
Vlasenkov D.

Kharkiv national university of radio electronics, Ukraine

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ

Невлюдов И.Ш.,
Андрусевич А.А.,
Стародубцев Н.Г.,
Власенков Д.П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

Abstract

The article considers the possibility of using the laws of nonequilibrium thermodynamics to determine the relationship between the controlled parameters of electronic components of automation and the displayed environment, as well as the construction of a deterministic thermodynamic model of the development of manufacturing defects. A model of the process of resource consumption of electronic components of automation equipment is proposed, based on the thermodynamic approach when describing degradation processes that limit the operating time of the equipment.

Аннотация

Рассматривается возможность использования законов неравновесной термодинамики для определения связи между контролируемыми параметрами электронных компонентов средств автоматизации и отображаемой среды, а так же построение детерминированной термодинамической модели процессов развития производственных дефектов. Предложена модель процесса расходования ресурса электронных компонентов средств автоматизации, основанная на термодинамическом подходе при описании деграционных процессов, которые ограничивают время работы аппаратуры.

Keywords: *thermodynamic model, resource consumption process, degradation processes.*

Ключевые слова: *термодинамическая модель, процесс расходования ресурса, деграционные процессы.*

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью современного развития техники является широкое внедрение методов и средств автоматизации, вызванное переходом на автоматизированное и автоматическое управление различными производственными и технологическими процессами, создание гибких производственных модулей, систем, комплексов и тому подобное. В условиях современной экономики автоматизация является одним из основных направлений технического прогресса. Однако, улучшение эффективности и качества проектируемых АСУ, САУ, ГПМ, ГПС и т.д. невозможно без повышения надежности технических средств управления (ТСУ), что является первой причиной возрастания фактора надежности в современных условиях развития техники и, в частности, проектировании технических систем (ТС) различного назначения.

Второй причиной, требующей повышения надежности, является возрастание сложности ТС, аппаратуры их обслуживания, жесткости условий их эксплуатации и ответственности задач, которые на них возлагаются.

Недостаточная надежность ТС приводит к увеличению доли эксплуатационных затрат по сравнению с общими затратами на проектирование, производство и применение этих систем. При этом стоимость эксплуатации ТС может во много раз превзойти стоимость их разработки и изготовления. Кроме того, отказы ТС приводят различного рода последствиям: потерям информации, простоям сопряженных с ТС других устройств и систем, к авариям и т.д. Таким образом, третьей причиной повышения роли надежности в современных условиях является экономический фактор.

И, наконец, последнее. В конечном счете, надежность ТС определяется надежностью комплекующих элементов. Поэтому знание основных вопросов надежности элементной базы является в настоящее время необходимым условием успешной работы в области автоматизации.

Технический ресурс электронных компонентов средств автоматизации (СА) важнейший показатель одного из свойств надежности – долговечности. Долговечность характеризует наработку объекта от начала или возобновления эксплуатации до наступления предельного состояния, под которым

понимают полную или частичную потерю изделием работоспособности вследствие ухода одного или нескольких параметров за пределы установленных норм. Исходя из этого, прогнозирование расходования технического ресурса является важной технической задачей и дает возможность обеспечить повышение безотказности (надежности) работы электронных компонентов и средств автоматики в целом.

В настоящее время для прогнозирования расходования технического ресурса электронных компонентов СА, предлагаются методы, основанные на интерполяции случайных реализаций временных функций, получаемых в процессе наблюдения за параметрами в начальной и последующих стадиях жизненного цикла изделий электронных компонентов средств автоматики [1, 2]. Однако достоверность такого прогноза незначительна, и не отвечает требованиям при решении практических задач обеспечения надежности электронных компонентов средств автоматики.

Другие методы прогнозирования основаны на принципах распознавания, где может быть задействовано лицо, принимающее решение (ЛПР), которое наблюдает за процессом и принимает решение о состоянии электронных компонентов средств автоматики на основе этих наблюдений и анализа ситуации. Этот подход принят в качестве основного для прогнозирования процессов, происходящих в сложных системах [3, 4]. Поведение ЛПР и его решения должны подчиняться представлениям о некоторой детерминированной модели процесса. Существует связь между детерминированностью и получением достоверного прогноза, детерминированность в этом случае предполагает использование адекватной кинетической модели развития дефектов и отображение информации, которая должна соответствовать модели процесса, т.е. отражать изменение состояния объекта [5, 6].

В рамках работы предполагается исследовать прогнозирование технического состояния электронных компонентов СА на основе модели процесса расходования ресурса электронных средств, основанной на термодинамическом подходе при описании деградиационных процессов, порождающих случайную составляющую во временной зависимости изменения параметров электронных компонентов СА, эта составляющая и определяет точность прогнозирования.

Модель технического ресурса затрагивает существование электронных компонентов во времени и предполагает отображение процессов формирования качества при создании электронных компонентов и изменение его при эксплуатации. Моделирование этих процессов позволяет выявить необходимые показатели, предложить методы их наблюдения и прогнозирования.

МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существование электронных компонентов СА можно рассматривать как становление ресурса в

процессе ее создания и расходование его в процессе эксплуатации. Кинетику расходования ресурса можно охарактеризовать функционалом от показателей надежности, в частности [1]

$$Z(t, T) = -\ln P(t, T) = \int_0^t \lambda(t, T) dt, \quad (1)$$

где $Z(t, T)$ – мера расхода ресурса; T – характеристика взаимодействия объектов со средой (нагрузки) или характеристика внутренних факторов (в т.ч. дефектов); $P(t, T)$ – вероятность безотказной работы; $\lambda(t, T)$ – интенсивность отказов, как скорость расходования ресурса в статистическом смысле.

В реальной среде для конкретных типов материалов, узлов и изделий электронные средства можно рассматривать как твердое тело, в котором имеется некоторое количество неравновесных состояний (дислокаций, дефектов, неравновесных фаз, градиентов концентрации примесей и т. п.). Наличие неравновесных состояний ведет к развитию процессов переноса вещества и к химическим реакциям, имеющим место в объеме тела и наиболее активно протекающим на его поверхности. Если прибор (элемент) находится под электрической нагрузкой, то на развитие процессов переноса и на скорости химических реакций оказывают влияние наведенные тепловые и электрические поля. Наведенное поле вызывает так называемые эффекты наложения, такие, как эффект Пельтье, эффект, вызывающий поток тепла из-за градиента концентраций, электродиффузия и др [3].

Эти явления и взаимодействие с окружающей средой ведут к необратимому изменению физико-химических свойств материалов. Следствием этих изменений является изменение электрических параметров электронных компонентов. При достижении одним или несколькими параметрами критических значений наступает параметрический отказ.

Характерной особенностью физических процессов является их направленность во времени, в соответствии со вторым началом термодинамики. Второй закон устанавливает поведение функции состояния системы, называемой энтропией S . Классическая запись второго закона для изолированных систем $dS \geq 0$.

Процесс появления неоднородной структуры электронных компонентов можно трактовать как нарушение равновесного состояния термодинамической системы. Появление неравновесного состояния термодинамической системы приводит к изменению S . Следовательно, с физической точки зрения процесс расходования ресурса, и жизненный цикл электронных компонентов можно рассматривать как процесс необратимого изменения (эволюции или деградации) термодинамического состояния объекта, т.е. процессом производства энтропии dS/dt , который характеризует многообразие необратимых физико-химических процессов при влиянии внешних и внутренних факторов T , и выступает, таким образом, в качест-

ве интегральной скорости расходования ресурса, которая может иметь такой же характер временной зависимости как $\lambda(t, T)$.

На рис. 1 представлены возможные реализации dS/dt . T_1 соответствует экспоненциальному распределению вероятности безотказной работы, T_2 соответствует закону распределения Вейбулла [4].

При описании процессов расходования ресурса представляется целесообразным использование термодинамического подхода, где постулируется, характерная для рассматриваемых реакций необратимость энтропии, как несимметричной относи-

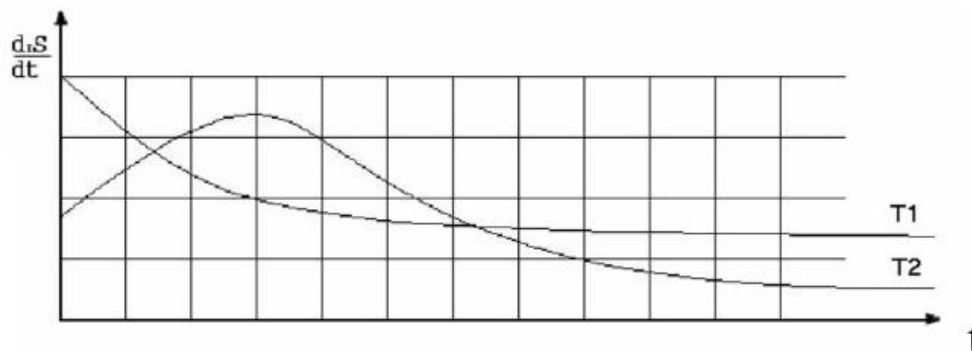


Рис. 1. График изменения ресурса электронных компонентов

Физическую основу эволюционных процессов составляют неравновесные состояния системы и соответствующие им необратимые процессы. На основании второго начала термодинамики эволюция термодинамических систем происходит в направлении перехода системы из неравновесного состояния $\delta(S) > 0$ в стационарное $\delta(S) = \min$ и далее в состояние полного термодинамического равновесия $\delta(S) = 0$. Эти соотношения можно рассматривать как критерии характера эволюции, представленные в общем виде. Подобный характер эволюционных процессов предполагает существование двух масштабов времени релаксации системы: время релаксации неравновесного состояния и время релаксации стационарного состояния. Эти времена релаксации существенно различны, что является основанием введения временной иерархии и соответственно понятия временной организации физических систем в общем и электронных компонентов в частности.

Конечное значение производной энтропии по времени дает основание предположить, что процессы эволюции термодинамических систем носят монотонный релаксационный характер. Этот вывод совпадает с выводами, наблюдаемыми статистической теорией. Уравнения Онзагера [5] при определенных допущениях, в частности при условии стабилизации термодинамических сил могут быть представлены как линейные дифференциальные уравнения во временной области относительно экстенсивных параметров y_j с постоянными коэффициентами L_{jk} , решения которых записываются в виде

относительно времени функции состояния системы, в форме второго начала термодинамики.

Термодинамический подход, основанный на необратимости физических процессов, объединяет различные точки зрения: уравнения баланса, классическую термодинамическую теорию устойчивости, флуктуационную и эволюционную теории. Такое обобщение термодинамики имеет существенное методологическое значение с точки зрения единства макроскопического процессуального описания сложных объектов различной физической природы.

$$y_j(t) - y_j(0) = \sum_k [L_{jk} \exp(-t/\tau_k)], \quad (2)$$

где $y_j(0)$ – неравновесные или стационарные значения соответствующих параметров системы в зависимости от рассматриваемого масштаба эволюции; L_{jk} – кинетические коэффициенты; τ_k – времена релаксации соответствующих необратимых процессов в системе.

Примерами подобной формы эволюционных или релаксационных процессов являются решения во временной области феноменологических уравнений диффузии, теплопроводности, линейных химических реакций. В виде суперпозиции экспоненциальных функций можно представить интегральный процесс эволюции (релаксации) системы по производству энтропии $d_i S/dt$. Применительно к электронным компонентам СА эволюционные процессы можно интерпретировать как энтропийные, интегральные процессы приближения к отказовым ситуациям, потери работоспособности или расходования ресурса. Этим обусловлена их значимость в задачах интегральной диагностики электронных компонентов. Термин «эволюционные процессы» можно использовать в качестве обобщения понятия «деградационных процессов», учитывая закономерный, направленный характер необратимых процессов изменения термодинамического состояния электронных компонентов.

В неравновесной термодинамике тождественно выполняются критерии эволюции. При этом подразумевается, что соотношения между потоками и силами вида справедливы как вблизи равно-

весных, так и вблизи стационарных состояний. Нелинейные соотношения между потоками и силами могут проявляться вдали от равновесных или стационарных состояний. В нелинейной области эволюция системы может иметь существенно более сложный характер – могут возникать новые состояния и новые типы организации. Типичными примерами подобных процессов являются фазовые переходы. Для учета подобных эффектов представляется возможным использование теории флуктуаций, которая является связующим звеном между теорией термодинамического равновесия и теорией необратимых процессов.

Выполнение критериев эволюции соответствует условиям термодинамической устойчивости, когда флуктуации, являются быстро затухающими и влияют только на характеристики шумов электронных компонентов, но не на общие закономерности эволюции состояния системы. Положение существенно меняется, когда возникает неустойчивость вдали от равновесных или стационарных состояний при нелинейных соотношениях – например, в области фазовых переходов. Тогда флуктуации возрастают и в конечном итоге определяют новое устойчивое макроскопическое состояние системы. Таким образом, новые макроскопические состояния и структуры в смысле временной и пространственной организации могут быть результатом неустойчивости системы и возникают из флуктуации. Такая «самоорганизация» имеет непосредственное отношение к локальным отказовым процессам электронных компонентов, например процессам электрического пробоя изолирующих слоев больших интегральных схем (БИС).

В соответствии с макроскопическим подходом затухание флуктуаций для устойчивых состояний термодинамических систем подчиняется релаксационным законам необратимых процессов. При этом макроскопические неравновесные состояния и соответствующие им необратимые процессы интерпретируются в качестве крупномасштабных флуктуаций.

Масштабы флуктуационных процессов определяются микроскопичностью объектов и применимости феноменологических параметров и соотношений неравновесной термодинамики. Для электронных компонентов СА условия возникновения мелкомасштабных флуктуаций должны однозначно выполняться, поскольку функциональные процессы электронных компонентов являются процессами микроскопического порядка. Тенденции развития электронных компонентов определяются стремлением к предельным характеристикам по степени интеграции, быстродействию, потребляемой мощности, информационной, функциональной и физической сложности. В этих условиях мелкомасштабные флуктуации приобретают практический смысл принципиальных физических ограничений на процессы измерений, хранения, передачи и обработки информации в компонентах, учитываются при проектировании и не привлекаются к анализу отказовых ситуаций электронных компонентов, вызванных производственными

дефектами. По мере увеличения физической сложности электронных компонентов за счет возрастания степени неравновесности структуры объектов рост влияния деградиационных процессов значительно опережает рост влияния флуктуационных процессов [6,7].

С термодинамической точки зрения процесс измерений имеет ряд особенностей. Во-первых, существует непосредственная взаимосвязь между энтропийными и информационными характеристиками процессов измерений, передачи и обработки информации. Пределы точности измерений определяются рассмотренными выше термодинамическими (kT) – крупномасштабными и квантовыми, ($h/\Delta t$) – мелкомасштабными ограничениями. Во-вторых, необратимый характер процессов измерения как процессов взаимодействия измерительного прибора и объекта обуславливает определенную взаимосвязь (предельные соотношения) между термодинамическими характеристиками (энергия, энтропия) и информационными (точность, количество информации).

Для флуктуаций, вызванных наблюдениями, существует понятие характерного интервала или минимального масштаба времени, которое определяет масштаб флуктуации

$$\tau = \frac{\Delta y}{\partial y / dt}, \quad (3)$$

где y – макроскопический параметр системы; Δy – минимально-регистрируемое изменение y . Из этого выражения видно, что этот масштаб может изменяться в больших пределах и измерение является частью отображаемых эволюционных и флуктуационных процессов.

Для крупномасштабных эволюционных процессов время релаксации составляет: для тепловых процессов $\tau = 10^{-1} \dots 10^3 \text{ с}$, процессы изменения физической структуры $\tau = 10 \dots 10^3 \text{ ч}$, процессы расходования ресурса $\tau = 10^4 \dots 10^6 \text{ ч}$.

Таким образом, при отображении процессов развития производственных дефектов должен учитываться эволюционный и флуктуационный характер процессов. Релаксационный характер крупномасштабных эволюционных и флуктуационных процессов обусловлен свойствами неравновесных состояний физических систем. Представляется существенным, что экспоненциальная форма решений (2) не зависит от конкретного вида исходных уравнений Онзагера. Такая независимость означает инвариантность в определенных пределах типа и содержания электронных компонентов, условий ее взаимодействия со средой, вида и масштаба рассматриваемых процессов. По времени релаксации, наблюдаемые эволюционные процессы в производстве и техническом обслуживании электронных компонентов и соответствующие им модели имеют отношение к расходованию ресурса и изменению физической структуры электронных компонентов.

Термодинамический и образный подход не противоречат часто используемой на практике

статистической теории эволюционных процессов. Здесь временная зависимость параметров среды, в которой происходят эти процессы имеет детерминированную и случайную составляющие, что дает возможность универсальным образом описать изменение параметров электронных компонентов с использованием вероятностных оценок их поведения.

В рамках термодинамического подхода становится возможным использование известных моделей эволюционных процессов, происходящих в среде, в которой имеется некоторое количество неравновесных состояний – дислокаций, градиентов концентраций и т.д. В первую очередь здесь можно увидеть наличие двух неравновесных фаз, которые имеют границу, изменяющуюся со временем. Наличие неравновесных состояний ведет к развитию процессов переноса вещества (диффузия, электромиграция и др.), и к химическим реакциям, протекающим в объеме и на поверхности материальной среды электронных компонентов. Очевидно, можно использовать представление о среде существования электронных компонентов как об объекте, в котором находятся части не прореагировавшего вещества (НВ) и прореагировавшего вещества (ПВ), которые изменяются с течением времени, и эти изменения происходят в соответствии закономерностями протекания реальных реакций [8]. Часть НВ может служить мерой ресурса электронных компонентов СА.

При отображении предлагаемой модели представляется результативным использование концепции, которая предусматривает отображение информации в виде области признаков пространства. При этом наблюдается, имеющее прямой смысл для оценки технического состояния электронных компонентов, изменение области контролируемых параметров, появляется возможность отображения информации о расходовании ресурса и прогнозировании отказов электронных компонентов СА. Изображаемая предельная область является подобной реальной физической среде “телом”, в которой происходят подобные реальным физические процессы. Область, соответствующая реальным параметрам, имеет отличные от окружающей среды свойства. Тогда процесс изменения наблюдаемого изображения дает представление о расходовании ресурса электронных компонентов СА. Очевидно, сопоставляя динамику ресурса и объема ПВ, который в условиях нормировки области граничных значений параметров приближается к единичному значению, можно увидеть аналогию между ресурсом и объемом, т. е. в поле зрения попадает изображение ресурса.

Таким образом, целесообразность использования термодинамического подхода при описании наблюдаемых процессов, основана на аналогии в поведении энтропии, термодинамических параметрах среды и реальных параметров электронных компонентов средств автоматики.

ВЫВОДЫ

Рассмотрено использование законов неравновесной термодинамики для определения связи между контролируемыми параметрами электронных компонентов СА и отображаемой среды, а так же построение детерминированной термодинамической модели процессов расходования технического ресурса электронных компонентов средств автоматики. Данная модель основана на наблюдаемых закономерностях изменения объема отображаемой области, в соответствии с принципами поведения термодинамических параметров, характеризующих состояние реальной среды (энтропии, количества теплоты и т.д.). Предложенная модель расходования технического ресурса электронных компонентов СА, учитывает ошибки, вызванные нестабильностью внешних воздействий, и погрешности измерений и дает возможность наблюдать и учитывать изменение технического ресурса при проектировании электронных компонентов средств автоматики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Чаплыгин Д.Ю., Абрамов П.Б., Цветков В.В. Имитационная модель динамики отказов и восстановления работоспособности сложных радиоэлектронных систем. Математическое моделирование систем обработки информации и управления: Сборник научных трудов. Воронеж. ин-т МВД России. 2001. С. 14-19.
2. Timoshenko A. V., Perlov A. Yu., Pankratov V. A., Kazantsev A. M., Lvov K. V. Methods for Failures Forecasting of Complex Radio Electronic Systems. Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), 2020. p. 1-4.
3. Черняев В.Н. Физико-химические процессы в технологии РЭА. М.: Высш. Шк., 1987. 376 с.
4. Невлюдов И.Ш., Роздоловский Ю.М., Андрусевич А.А. Гетеро-генные модели развития производственных дефектов. Науч.-техн. журнал. Авиационно-космическая техника и технология. Харьков: «ХАИ». 2003. № 38. С. 114-119.
5. Невлюдов И.Ш., Второв Е.П., Роздоловский Ю.М. Кинетические модели развития дефектов, возникающих в производстве электронной техники. Науч.-техн. журнал. Авиационно-космическая техника и технология. Харьков: «ХАИ». 2003. № 39. С. 76-81.
6. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надёжности. СПб.:БХВ-Петербург, 2006. 702 с.
7. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: 3-е изд., перераб. идоп. М.: ЮНИТИ, 2007. 573 с.
8. Невлюдов И.Ш., Роздоловский Ю.М. Отображение процессов проявления технологической наследственности электронной техники. Науч.-техн. сб. «Радиотехника». Харьков: ХНУРЭ. 2003. № 133. С. 218-221.