УДК 001.51

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ «ЭНЕРГИИ» ДЛЯ СИСТЕМ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Г.В. Аверин
Донецкий национальный технический университет, ул. Артема 58, 83000, Донецк, averin@cs.dgtu.donetsk.ua

Анализируются некоторые общие закономерности, характерные для систем живой и неживой природы. Формулируются положения, которые позволяют построить теорию процессов развития систем, исходя из применения нефизических научных принципов. Теоретически обоснована справедливость закона сохранения «энергии» для определенных классов систем. Результаты работы указывают на возможности построения для описания систем различной природы математической теории, аналогичной той, которая применяется в термодинамике. *Ключевые слова:* методология моделирования систем, закон сохранения энергии.

Теоретичне обґрунтування закону збереження «енергії» для систем живої і неживої природи. Г.В. Аверін. Аналізуються деякі загальні закономірності, що є характерні для систем живої та неживої природи. Формулюються положення, які дозволяють побудувати теорію процесів розвитку систем, виходячи з застосування нефізичних наукових принципів. Теоретично обґрунтовано справедливість закону збереження «енергії» для певних класів систем. Результати роботи вказують на можливість побудови для опису систем різної природи математичної теорії, яка аналогічна тій, що застосовується в термодинаміці. *Ключові слова:* методологія моделювання систем, закон збереження енергії.

Theoretical proof of the "energy" conservation law for wildlife and abiocoen systems. G.V. Averin. Some common patterns of processes of wildlife and abiocoen systems development are analyzed. Statements formulated which allow to build a theory for description of the development of processes within the systems based on the application of the non-physical scientific principles. Theoretically proved the validity of the "energy" conservation law for certain classes of systems. The results point to the possibility of constructing mathematical theory for the description of systems of different nature. The theory is similar to that used in thermodynamics. *Keywords:* the methodology for modeling of systems, the law of conservation of energy.

Введение

Закон сохранения энергии уже давно принято считать всеобщим законом природы и одним из краеугольных камней всего естествознания. Этот фундаментальный закон установлен эмпирическим путем, его суть заключается в том, что для изолированной физической системы может быть введена некоторая скалярная физическая величина, которая называется энергией. Данная величина является функцией параметров системы, не зависит от процесса перехода системы из одного состояния в другое и сохраняется с течением времени.

В современном представлении, несмотря на простоту, глубокое содержание закона сохранения энергии нелегко сформулировать ясно и кратко [1]. Это основная причина того, что различные авторы по-разному формулируют первое начало. Более того, если математическая формулировка закона в классическом термодинамическом виде, связывающая теплоту, энергию и работу ($dQ = dU + dA$), является непосредственным обобщением опытных данных по тепловым взаимодействиям, то в принятом современном виде [2]:

$$\delta Q = dU + p \cdot dV + \sum_{k=1}^{n} P_k dz_k \quad (1)$$

– это уже результат логического обобщения всех имеющихся в физике экспериментальных данных и накопленного практического опыта.

Физик А. Пуанкаре указывал на то, что выбор функции, которую называют энергией, является условным и, единственно возможная формулировка закона сохранения энергии для физических систем излагается в виде: «существует нечто остающееся постоянным». Это «нечто» представляет собой «математическую функцию, физический смысл которой интуитивно до конца не ясен» [3].

Энергетический принцип является незыблемой основой научного мировоззрения в физике. Однако вопрос применимости этой концепции к системам различной природы сегодня пока остается открытым. То, что должна существовать универсальная мера движения материи в любых системах, – не подвергается сомнению, но сводится ли эта мера только к формам обмена энергией в физическом представлении – крайне непростой вопрос, также как и вопрос о всеобщности этой меры для различных форм движения материи.

Можно ли теоретическим путем обосновать закон сохранения «энергии» для систем различной природы, если при этом исходить из применения нефизических научных принципов? Ответ на этот вопрос достаточно актуален и его решение может лежать в системе взглядов и научных представлений, которыми располагает системный анализ и общая теория систем. Методология данных наук отличается от физической, поэтому в названии данной статьи понятие «энергии» взято в кавычки, так как, основываясь на системных представлениях, оно уже не будет обладать общепринятым физическим смыслом. Кроме того в основы теории, которая может быть построена на применении нефизических принципов, должны быть положены общесистемные закономерности, наблюдаемые в природе и обществе. В эмпирических знаниях человечества существует не так уж и много закономерностей подобного рода. Попытаемся подойти к решению поставленной задачи, исходя из универсальности статистических закономерностей процессов и явлений. Опытные факты и статистические закономерности лежат у истоков создания практически всех наук, т.к. они свойственны как естественно-научным, так и гуманитарным областям знаний.

Покажем, что на основе использования статистических закономерностей и относительно простого математического аппарата, можно получить ряд новых теоретических закономерностей, свойственных разнообразным классам систем как живой, так и неживой природы.

В связи с ограниченным объемом данной статьи доказательства некоторых положений, которые упоминаются в тексте, даны в работе автора [4].

Используемые понятия, определения и принципы

Определим *системную динамику* (*системодинамику*) как науку о закономерностях процессов изменения и развития систем во времени. В литературе, посвященной системным исследованиям, существует множество подходов к определению понятия «система» [5]. Учитывая специфику поставленной задачи, будем использовать понятие системы, которое принято в философии [6]. Исходя из этого, дадим следующие определения. *Система* – совокупность взаимосвязанных элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих некоторую целостность, единство. *Класс* систем (объектов) – совокупность однотипных объектов, обладающих общими свойствами и качественными признаками. *Объект воздействия* – система или ее элементы, на которые воздействуют факторы окружающей среды. *Окружающая среда* – совокупность физических, природных, биологических, социальных, техногенных и других условий, в которых находится объект воздействия. *Воздействие* – действие некоторого фактора окружающей среды на уровне, при котором у изучаемого объекта с течением времени появляются устойчиво наблюдаемые изменения.

Под системой живой природы будем понимать систему, элементами которой являются биологические объекты. Для систем неживой природы элементы, находящиеся в отношениях и связях между собой, не являются биологическими объектами.

В свою очередь, следуя Р. Уиттекеру [7], под экологической системой будем понимать сообщество биологических организмов различных видов, совместно проживающих или произрастающих на общей территории и взаимодействующих как между собой, так и с окружающей их средой обитания.

Таким образом, любую систему как живой, так и неживой природы будем представлять в виде концептуальной совокупности окружающей среды и объектов воздействия, находящихся под действием факторов среды.

В экологических науках уже высказывалась идея, что для количественной характеристики какого-либо явления, объекта или процесса необходимо использовать показатели, которые дают количественную характеристику явления в единстве с его качественной определенностью [8]. Причем таких показателей должно быть множество, т.к. каждому экологическому понятию должен соответствовать определенный показатель.

Будем также придерживаться этой идеи, в связи с чем под *состоянием* системы подразумеваем совокупность ее качественных и количественных характеристик, которые формируются под действием внешних условий в каждый момент времени и могут быть наблюдаемы при изучении системы.

В данном исследовании изначально не делаем предположений о том, является ли изучаемая система живой или не живой. Накладываем только ограничение, что система подвержена медленным и непрерывным (эволюционным) изменениям во времени. Нет ограничений на количество элементов, входящих в систему, а также условия их взаимодействия между собой и с окружающей средой. Однако исключены любые скачкообразные (революционные) изменения.

Подобная постановка задачи требует при построении теории необходимости учета общих закономерностей развития систем. Сформулируем исходные положения в виде трех принципов.

Первый принцип – это объективность законов природы и относительность проводимых в процессе познания измерений, которые позволяют количественно описать закономерности процессов развития и изменения систем. *Второй принцип* – эмпирический факт устойчивости частот и существования функций распределения вероятностей для большинства наблюдаемых в природе и обществе событий. *Третий принцип* – возможность количественной оценки качеств и свойств систем различной природы. Данные закономерности для большинства объектов, процессов и явлений подтверждены практическим опытом человечества.

Основные постулаты теории

Известно, что каждый предмет (объект) обладает определенным количеством основных свойств, единство которых и является его качеством.

Таким образом, качественная определенность системы – это и есть одна из основ характеристики ее состояния. Второй основой характеристики состояния является количественная определенность системы, связанная с ее свойствами. При воздействии изменение качественных признаков системы обычно связано с событиями – соответствующими наблюдаемыми фактами, которые могут произойти или не произойти. Эти события могут характеризовать качественную сторону, в отличие от свойств, которые определяют количественную сторону системы через параметры ее состояния. Предположим, что качественная определенность системы может быть оценена, при этом вероятности событий, связанные с изменениями в состоянии системы, будут выступать такой количественной оценкой. Все это позволяет ввести понятие функции состояния для систем различной природы.

Пусть задано множество Z упорядоченных элементов $\{z_1, z_2, .., z_n\}$ из n параметров z_k, представленных измеряемыми числами. При этом каждому k-тому свойству системы соответствует один определенный параметр z_k, который зависит от времени τ. Предположим также, что задано множество W упорядоченных элементов $\{w_1, w_2, .., w_p\}$ из p чисел, являющихся оценками качественного состояния системы по каждому j-тому признаку. При этом всякому качественному признаку системы соответствует одна вполне определенная вероятностная оценка w_j, свойственная некоторому характерному j-тому событию и которая может зависеть от времени. Если в силу некоторого закона каждому элементу множества Z приведен в соответствие элемент из множества W, то считаем, что на множестве Z определена функция состояния системы по p компонентам вида:

$$\begin{cases} w_1(\tau) = W_1\left(z_1(\tau), z_2(\tau),.., z_n(\tau)\right) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ w_j(\tau) = W_j\left(z_1(\tau), z_2(\tau),.., z_n(\tau)\right) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ w_p(\tau) = W_p\left(z_1(\tau), z_2(\tau),.., z_n(\tau)\right) \end{cases}. \quad (2)$$

Далее примем, что вид и параметры распределений W_j в функции состояния (2) не зависят от времени. Если данное условие выполнимо, то систему, для которой существует функция состояния, будем называть эволюционно развивающейся системой.

Справедливость понятия функции состояния вытекает из свойства устойчивости относительных частот событий и существования законов распределения случайных величин – вероятностных закономерностей реального мира.

В предложенном подходе функция состояния практически является моделью единства качественной и количественной определенности системы. Обычно под моделью понимают некоторое упрощенное формализованное представление о реальном процессе или явлении, которое, отображая или воспроизводя объект исследования, заменяет его и предоставляет новую информацию об этом объекте. Исходя из этого, согласно (2) под моделью эволюционно развивающейся системы будем понимать вероятностное описание случайных потоков однородных событий (случайных функций), которые отражают процесс развития и изменения системы как целостного объекта и достаточно полно характеризуют качественные признаки, свойственные данной системе.

Обобщая сказанное выше, первый постулат теории системной динамики, который затрагивает качественную и количественную стороны системы, можно сформулировать в виде: *любая эволюционно развивающаяся система имеет функцию состояния, которая характеризует в совокупности качественные и количественные изменения и может быть представлена в виде системы вероятностных распределений для стационарных случайных функций.*

Логическая идея дальнейшего построения теории будет заключаться в установлении соответствия между статистическими и динамическими закономерностями, определяющими процессы изменения систем во времени.

Будем понимать под *статистической* закономерностью любую устойчивую тенденцию в изменении состояния системы, которая установлена на основе статистических данных, полученных в опыте. В свою очередь, под *динамической* закономерностью будем понимать описание этой же тенденции, полученное в виде зависимостей с помощью некоторой среды моделирования.

Исходные допущения будут предполагать, что статистическая вероятность событий определяется только на основе опыта и обладает свойством устойчивости относительных частот, причем статистические распределения существуют и обычно не являются равномерно распределенными. Например, для множества индикаторов социально-экономического развития и экологического изменения стран мира это является достоверным фактом (таблица).

В свою очередь, считается, что параметры изучаемых систем измеряемы, причем для описания шкал измерений параметров свойств может использоваться геометрическая вероятность, т.к. процессу измерения (процессу выбора точки на шкале или координатной оси) свойственно понятие равновозможности.

В процессе опыта статистическую вероятность w определяют эмпирическим путем согласно зависимости:

$$w = \frac{i_x}{n}, \qquad (3)$$

где i_x – количество опытов (число объектов), при которых наблюдалось значение некоторой случайной величины X, меньшее x; n – общее число опытов (число объектов).

Для одномерной случайной величины функция распределения геометрической вероятности $\rho(x) = \int\limits_{-\infty}^{x} f(x)dx$ имеет вид:

$$\rho(x) = 0 \quad x \le x_{\min}; \qquad \rho(x) = 1 \quad x > x_{\max},$$

$$\rho(x) = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}; \; x_{\min} < x \le x_{\max}. \qquad (4)$$

В работе [4] было показано, что для многих процессов в природе и обществе существует тесная связь между статистической w и геометрической ρ вероятностями. Например, на рисунке 1, а приведены данные по биоразнообразию приматов в виде диаграммы рассеивания, которая дает представление о зависимости средней массы особей (m) от их средней продолжительности жизни в неволе (τ_l). Если определить величины вероятностей w и ρ согласно (3) и (4) для каждой опытной точки, то можно получить зависимость вида:

$$\Pr = a_0 + a_1 \cdot \ln \rho_m + a_2 \cdot \ln \rho_\tau, \qquad (5)$$

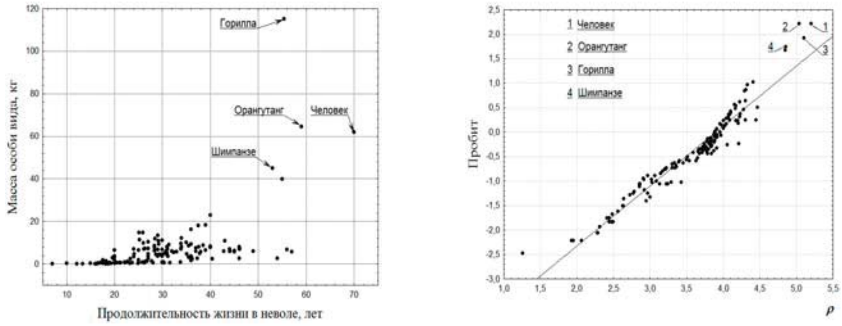
где Pr – вероятностная единица *пробит*, которая определяется из инверсной функции нормального распределения для величины w [4], а $\rho_m = m/m_{\max}$ и $\rho_\tau = \tau/\tau_{\max}$ – геометрические вероятности массы особей и средней продолжительности жизни.

Из рисунка 1, б видно, что статистическая вероятность нелинейно зависит от геометрической вероятности. В каждом конкретном опыте нелинейность зависимости между этими величинами связана с особенностями тех или иных явлений, в основе которых лежат случайные процессы.

Если сделать предположение, что эволюционно развивающиеся системы относятся к классу линейных систем, то можно сформулировать второй постулат системодинамики, связанный с наложением ограничений на изменение во времени состояний данных систем. Обобщая сказанное выше сформулируем этот постулат в следующем виде: *в элементарной окрестности произвольно заданного состояния эволюционно развивающейся системы существует линейная связь между распределениями статистической и геометрической вероятностей случайных величин, характеризующих качественные и количественные изменения в системе*.

Так как все сказанное далее относится к каждому компоненту $w_j(\tau)$

функции состояния системы, то для упрощения записи индекс j будем опускать, представляя функцию состояния в виде $w(\tau) = W\big(z_1(\tau), z_2(\tau),.., z_n(\tau)\big)$ или $w = W\big(z_1, z_2,.., z_n\big)$.



а) *б)*

Рисунок 1. – Обработка данных по биоразнообразию приматов: а) диаграмма рассеивания для 150 видов приматов с известной продолжительностью жизни и массой особей; б) статистическая вероятность изменения числа видов w в преобразованных координатах $Пробит - \rho*$, $\rho* = \ln\left(\tau \cdot m^{0,229}\right)$.

Таблица.

Распределения индикаторов развития человеческого общества

Индикаторы	Вероятностные распределения	Индикаторы	Вероятностные распределения
Социально-экономические показатели стран мира [9]			
Площадь стран	Логарифмически-нормальное	Младенческая смертность	Пуассона
Население стран	Логарифмически-нормальное	ВВП на душу населения	Пуассона
Доля городского населения	Нормальное	Пользователи Интернет	Логарифмически-нормальное
Удельное потребление энергии	Гамма-распределение	Коэффициент Джини	Логарифмически-нормальное
Случаи заболевания туберкулезом	Гамма-распределение	Численность вооруженных сил	Гамма-распределение
Экологические показатели стран Европы [10]			
Потребление электроэнергии	Логарифмически-нормальное	Доля охраняемых территорий	Гамма-распределение
Выбросы прекурсоров твердых частиц	Логарифмически-нормальное	Доля лесопокрытых территорий	Нормальное
Удельные выбросы парниковых газов	Нормальное	Добыча ископаемых на душу населения	Логарифмически-нормальное
Доля сельскохозяйственных земель	Нормальное	Сбор бытовых отходов	Логарифмически-нормальное
Использование удобрений на 1 га сельскохозяйственных земель	Нормальное	Использование пестицидов на 1 га с/х земель	Логарифмически-нормальное
Доля возобновляемых энергетических ресурсов	Пуассона	Доля орошаемых земель	Пуассона

Основные положения теории

Сформулированный в предыдущем разделе статьи первый постулат системной динамики накладывает определенные ограничения на процессы развития для некоторых классов систем. Принятие гипотезы о существовании функции состояния системы $w = W(z_1, z_2, .., z_n)$ является необходимым условием построения теории. При этом имеющаяся совокупность опытных данных для конкретной системы должна позволять принять такую гипотезу.

Так как все процессы изменения состояния систем наблюдаются во времени, то второй постулат определяет основную динамическую закономерность развития процессов и является достаточным условием для построения теории.

Поэтому, исходя из линейной связи между статистической и геометрической вероятностями случайных величин в окрестности произвольного состояния, введем в рассмотрение величину c_l, определяемую на основе опыта. Данную величину по аналогии с понятием теплоемкости процесса в термодинамике, назовем темпоральностью процесса изменения состояния (англ. *tempora* – временные особенности). Будем считать, что в окрестности любой точки M при бесконечно малом изменении состояния системы в каком-либо произвольном процессе l темпоральность c_l характеризует связь между статистической вероятностью w и геометрической вероятностью ρ для случайной функции X. Определим c_l как величину, равную отношению элементарного приращения функции w к соответствующему приращению функции ρ в процессе l: $c_l = dw_l / d\rho$, откуда:

$$\frac{\partial w}{\partial z_1} = c_1 \frac{\partial \rho}{\partial z_1}, \quad \frac{\partial w}{\partial z_2} = c_2 \frac{\partial \rho}{\partial z_2}, \ldots,$$

$$\frac{\partial w}{\partial z_n} = c_n \frac{\partial \rho}{\partial z_n}. \qquad (6)$$

Геометрическая вероятность ρ для случайной точки M с параметрами свойств $\{z_1, z_2, .., z_n\}$ определяется согласно известной плотности вероятности $f(z_1, z_2, .., z_n)$ по формуле:

$$\rho = \int_{-\infty}^{z_1} \int_{-\infty}^{z_2} \ldots \int_{-\infty}^{z_n} f(z_1, z_2, .., z_n)\, dz_1\, dz_2 ... dz_n,$$

при этом плотность распределения $f(z_1, z_2, .., z_n)$ для n-мерной случайной величины является равномерно распределенной в изучаемой области. Так как плотность $f(z_1, z_2, .., z_n)$ имеет постоянное значение, то можно показать, что функция геометрической вероятности ρ в многомерном пространстве переменных z_k будет иметь вид однородной функции степени n, для которой $\alpha^n \cdot \rho = \rho(\alpha \cdot z_1, \alpha \cdot z_2, ..., \alpha \cdot z_n)$, где α – некоторый множитель. Известно, что однородная функция, имеющая непрерывные частные производные, удовлетворяет формуле Эйлера [11]. Поэтому, учитывая зависимости (6) и применяя формулу Эйлера, получим следующее уравнение для определения статистической вероятности:

$$\frac{z_1}{nc_1}\frac{\partial w}{\partial z_1}+\frac{z_2}{nc_2}\frac{\partial w}{\partial z_2}+\ldots+\frac{z_n}{nc_n}\frac{\partial w}{\partial z_n}=\rho . \quad (7)$$

Это уравнение является линейным неоднородным уравнением в частных производных первого порядка. Из полученных результатов следует, что для эволюционно развивающихся систем в соответствии с исходными допущениями функция статистической вероятности $w=W(z_1,z_2,..,z_n)$ должна удовлетворять уравнению (7). Для получения решения уравнения воспользуемся методом характеристик. Согласно [12] характеристики (7) определяются системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$n\cdot c_1\frac{dz_1}{z_1}=n\cdot c_2\frac{dz_2}{z_2}=\ldots=n\cdot c_n\frac{dz_n}{z_n}=\ldots$$

$$\ldots=\frac{dw}{\rho}=ds . \quad (8)$$

Далее из зависимостей для характеристик системы (8) сразу получим:

$$ds=c_1\frac{dz_1}{z_1}+c_2\frac{dz_2}{z_2}+\ldots+c_n\frac{dz_n}{z_n} \quad \text{и}$$

$$ds=\frac{dw}{\rho} . \quad (9)$$

По аналогии с термодинамикой определим величину s как *энтропию* состояния системы. Как видно из уравнений (8) энтропия является характеристической функцией вероятностного пространства состояний системы. В параметрическом представлении энтропия является длиной дуги векторной линии некоторого поля направлений, порождаемого полем статистической вероятности w. Это позволяет ввести понятие энтропии как векторной характеристики, связанной со скалярным полем вероятности w, которое определяет качественные изменения в системе по некоторому характерному событию. При этом получено, что для любого процесса в окрестности произвольного состояния M дифференциалы функций w и s пропорциональны, т.е. $dw=\rho\cdot ds$.

Все естественные процессы в природе и обществе протекают в направлении наиболее вероятных изменений, поэтому вероятности событий, связанные с качественными признаками, будут возрастать. Так как статистические и геометрические вероятности событий величины положительные, то, согласно уравнения (9), в любом наиболее вероятном природном или социальном процессе $(dw>0)$ энтропия будет возрастать $ds>0$. Здесь уже видна связь данной закономерности с формулировкой второго закона термодинамики, которая дана в свое время Больцманом: природа стремится от состояний менее вероятных к состояниям более вероятным.

Закон сохранения «энергии»

Покажем, что на основе полученных результатов, как следствие, может быть сформулирован системный закон сохранения энергии. Представим зависимость (9) в виде:
$dw=\rho\cdot ds=c_n\cdot d\rho+(\rho\cdot ds-c_n\cdot d\rho)$.

По аналогии с термодинамикой определим величину $du = c_n \cdot d\rho$ как изменение энергии состояния системы. Используя соотношения (6) и (9) и представляя полный дифференциал $d\rho$ в виде суммы частных дифференциалов относительно параметров свойств, данное соотношение преобразуем к виду:

$$\rho \cdot ds = du + r\sum_{k=1}^{n-1} \alpha_k \cdot z_1 \cdot .$$

$$. \cdot z_{k-1} \cdot z_{k+1} \cdot ... \cdot z_n \, dz_k$$

$$r = \frac{(c_1 - c_n) \cdot \rho_0}{z_{1,\max} \cdot z_{2,\max} \cdot ... \cdot z_{n,\max}} \qquad (10)$$

где постоянные равны $\alpha_k = \dfrac{c_k - c_n}{c_1 - c_n}$; $\alpha_1 = 1$. Величина ρ_0 определяется выбранной опорной точкой, поэтому ее всегда можно задать так, чтобы постоянная r была равна единице, тогда:

$$\rho_0 = \frac{z_{1,\max} \cdot z_{2,\max} \cdot ... \cdot z_{n,\max}}{c_1 - c_n}. \qquad (11)$$

В результате получаем системный закон сохранения энергии для n *переменных* в виде:

$$\rho ds = du + \sum_{k=1}^{n-1} \alpha_k z_1 ... z_{k-1} z_{k+1} ... z_n dz_k$$

. (12)

Можно показать [4], что уравнение сохранения энергии в термодинамике для двух переменных является частным случаем уравнения (12).

Полученный системный закон сохранения энергии в виде соотношения (12) подтверждает справедливость утверждения А. Пуанкаре и указывает на то, что «нечто остающееся постоянным» должно существовать в виде некоторой меры пространства состояний системы. При этом энергия действительно является математической функцией, смысл которой связан с изменением геометрической вероятности состояния системы. В свою очередь, энтропия состояния является характеристической функцией состояния системы и может выступать мерой качества. Как показано в работе автора [4], для эволюционно развивающихся систем любое качественно однородное состояние однозначно определяется двумя функциями состояния – энтропией и потенциалом. В первом случае имеем векторную линию, а во втором случае – потенциальную поверхность. В общем случае, уравнение сохранения энергии является одной из форм представления уравнения Пфаффа через координатные линии поверхности уровня и энтропию для некоторой потенциальной функции – меры пространства наблюдаемых состояний системы. Из полученных данных видно, что понятие «энергии» для систем различной природы связано с представлением ее в виде математической функции, которая зависит от приращения геометрической вероятности в произвольном процессе изменения состояния системы. При этом качественная определенность системы оценивается по некоторому характерному событию, которое отражает эволюционные изменения в системе.

Выводы

Подведем итоги данной работы. Как было показано выше, если существует опытный факт того, что для некоторой системы живой или неживой природы можно выдвинуть гипотезу существования некоторого показателя вида $w = W(z_1, z_2,.., z_n)$, то вполне возможно установление закономерностей, характеризующих изменение состояний этой системы. В данной работе в качестве такого показателя принято многомерное распределение вероятностей некоторой случайной величины. В термодинамике таким показателем выступает абсолютная температура $T = T(z_1, z_2,.., z_n)$. Суть теории заключается в переходе от декартовых координат параметров свойств z_k к естественным координатам, привязанным к многомерной поверхности $w = W(z_1, z_2,.., z_n)$. При этом в качестве естественных координат выступают функции состояния – энтропия, «энергия» и т.п.

Все это говорит о возможности построения для эволюционно развивающихся систем различной природы математической теории аналогичной той, которая применяется сегодня в термодинамике.

Литература

1. Falk G. Die Rolle der Axiomatik in der Physik, erlautert am Beispiel der Termodynamik / Die naturwissenschaften, 46, 1959, № 16: P. 480 – 486.
2. Гухман А.А. Об основаниях термодинамики. – М.: Энергоатомиздат, 1986.– 383 с.
3. Пуанкаре А. О науке. – Пер. с франц. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
4. Аверин Г.В. Фундаментальные модели в общей теории систем: закон перехода количественных изменений в качественные для эволюционно развивающихся систем // http://wikience.donntu.edu.ua/ averin/ on_the_theory_of_changes.pdf.
5. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. – М.: Наука, 1974. – 280 с.
6. Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. – М: Политиздат, 1989. – 444 с.
7. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 328 с.
8. Баканов А.И. О некоторых методологических вопросах применения системного подхода для изучения структур водных экосистем / В кн. Количественные методы экологии и гидробиологии – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – 404 с.
9. Доклад о развитии человека 2006. Что кроется за нехваткой воды: Власть, бедность, глобальный кризис водных ресурсов / Пер. с англ. – М.: Весь мир, 2006. – 440 с.
10. Защита окружающей среды Европы. Четвертая оценка / Пер. с англ. – Копенгаген: ЕАОС, 2007. – 451 с.
11. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 1. М.: Наука. 1969. – 608 с.
12. Кошляков И.С. Уравнения в частных производных математической физики. М.: Высшая школа, 1970. – 712 с.