

Никонов В.М.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет

Системы, сущность и свойства

АННОТАЦИЯ:

Автор проводит обзор формирования теории систем. Исследованы основные свойства систем. По итогам исследования предложены пути решения систем в части некоторых свойств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *система, обратная связь, математическая модель, энтропия, гомеостаз*

JEL: *B16, C02, C60*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Никонов, В.М. (2015). Системы, сущность и свойства. *Российское предпринимательство*, 16(16), 2499-2508. doi: [10.18334/rp.16.16.608](https://doi.org/10.18334/rp.16.16.608)

Никонов Валентин Михайлович, канд. экон. наук, доцент кафедры экономики организации и ценообразования Санкт-Петербургского государственного торгово-экономического университета (nikanorv@mail.ru)

ПОСТУПИЛО В РЕДАКЦИЮ: 31.07.2015 / ОПУБЛИКОВАНО: 31.08.2015

ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП: <http://dx.doi.org/10.18334/rp.16.16.608>

(с) Никонов В.М. / Публикация: ООО Издательство "Креативная экономика"

Статья распространяется по лицензии Creative Commons CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

ЯЗЫК ПУБЛИКАЦИИ: русский



Введение

В настоящее время системный подход является основополагающим во многих областях знаний (*Петров, 2012; Прангишвили, 2003a; Прангишвили, 2003b; Шагиахметов, 2007; Arnold, Wade, 2015; Cabrera, Colosi, Lobdell, 2008; Mingers, 2015; Mingers, White, 2010; Pan, Valerdi, Kang, 2013; Uphoff, 2014*). Он преобладает практически во всех отраслях знаний – от биотехнологии до астрофизики. В основе системного подхода лежит понятие «система». Обзор сущности и свойств систем позволит, возможно, выявить доселе скрытые особенности систем.

Хотя понятие «система» наиболее полно стало использоваться в XX веке, у этого понятия, как и у всякой идеи, есть своя история. Такие исследователи, как Николай Кузанский, Парацельс, Ибн Хальдун, Локк, Декарт, Маркс, Гегель и др., в разное время и под разным углом зрения рассматривали идею системы.

В XIX–XX вв. идея системы предстала перед исследователями наиболее полно.

В середине XIX века французский физиолог К. Бернар впервые обнаружил, что живой организм в состоянии поддерживать постоянство состава и свойств внутренней среды. Внутренняя среда состоит из всех жидкостей организма. Соответственно, все физиологические механизмы обеспечивают постоянство внутренней среды.

В 1929 г. появилась первая работа У. Кеннона о гомеостазе. Ученый заинтересовался тем фактом, что жизнь человека в течение долгого времени в отсутствие неблагоприятных воздействий и даже при их наличии течет в границах нормы. Т.е. важнейшие физиологические константы (температура тела, кислотность крови, давление в сосудах и др.) колеблются в очень узких коридорах. У. Кеннон выделил основные компоненты гомеостаза:

- 1) материалы, необходимые для роста, восстановления и размножения клеток;
- 2) физико-химические факторы, обеспечивающие жизнедеятельность клеток;
- 3) механизмы, обеспечивающие постоянство структуры организма.

Также У. Кеннон описал условия гомеостаза:

- 1) система оповещения о негативных изменениях в организме;
- 2) подсистема противодействия этим негативным изменениям.

С точки зрения системного подхода У. Кеннон рассмотрел живые организмы как открытые системы, взаимодействующие с внешней средой и активно реагирующие на изменения во внешней среде. Эта активная реакция биологических систем обеспечивает саморегуляцию постоянства внутренней среды¹.

Российский физиолог Л.С. Штерн дополнила теорию гомеостаза теорией барьерных механизмов. Между компонентами системы должны существовать преграды, препятствующие проникновению одного компонента в другой (в случае живого организма – гистогематические барьеры).

Мы намеренно углубились в описание гомеостаза, поскольку для разных систем справедлив принцип изоморфизма и, соответственно, условия гомеостаза и теория барьерных механизмов будут справедливы не только для биологических систем.

В 1922 г. была опубликована работа А.А. Богданова «Тектология» (Богданов, 1989), в которой автор описывает всеобщую организационную науку, позволяющую получить результат в любой сфере деятельности человека – от физического труда и до интеллектуальной работы. В работе А.А. Богданова предполагается системный подход, о чём свидетельствуют основные тезисы «Тектологии».

«Научно возможный вывод один: действительное единство организационных методов, единство их повсюду – в психических и физических комплексах, в живой и мертвой природе, в работе стихийных сил и сознательной деятельности людей. До сих пор оно точно не устанавливалось, не исследовалось, не изучалось: не было всеобщей организационной науки. Теперь настало ее время» (Богданов, 1989).

«Тектология – всеобщая естественная наука. Она еще только зарождается; но так как ей принадлежит весь организационный опыт человечества, то ее развитие должно стать стремительно быстрым, революционным, как она сама революционна по своей природе. Полный расцвет ее будет выражать сознательное господство людей как над природой внешней, так и над природой социальной. Ибо всякая задача практики и теории сводится к тектологическому вопросу: как наиболее целесообразно организовать некоторую совокупность элементов – реальных или идеальных» (Богданов, 1989).

¹ Cannon, W.B. (1932). *The Wisdom of the body*. USA: W.W. Norton & Company, inc.

Эту некоторую совокупность элементов, которую требуется организовать, можно обозначить понятием «система», в таком случае работа А.А. Богданова будет подробно описывать не что иное, как теорию систем.

В 1926 г. Е.Е. Слуцкий в своей работе «Этюд к проблеме построения формально-праксеологичных основ экономики» рассмотрел трехступенчатый комплекс человеческой деятельности. На высшей ступени находится онтология, далее следует праксеология и затем – политэкономия. Категориями праксеологии являются онтологические образования, они служат каркасом для хозяйственной деятельности человека. Под праксеологией понимается наука о наиболее общих формах и принципах действия в мире живых существ. Главной праксеологичной формой является система. Система может выступать в разных видах в зависимости от ряда параметров. По мнению Е.Е. Слуцкого понятийный аппарат праксеологии пригоден для описания экономической деятельности.

В 30-ые годы XX века В. Кёлер предположил наличие изоморфизма между психическими и физическими процессами, намереваясь выделить различие между органическими и неорганическими системами².

Основоположник демографического анализа Лотка в своей работе «Об истинном коэффициенте естественного прироста населения» (1925) рассмотрел человеческое сообщество как систему и предложил базовые формулировки общей концепции систем (*Dublin, Lotka, 1925*).

В своей работе «Элементы теории познания, формальной логики и методологии наук» (1929) Т. Котарбиньский наметил черты теории систем.

Нельзя обойти молчанием исследования А.Н. Уайтхеда. В своей работе «Процесс и реальность» (1929) он предложил теорию всеобщего органицизма, в которой рассмотрел действительный мир как единое целое или систему. В результате сращения потенциальных возможностей возникает актуальная сущность. Действительный мир есть процесс становления актуальных сущностей. Помимо актуальных сущностей есть вечные объекты. Актуальные сущности и вечные объекты – основные строительные «кирпичи» действительного мира. Связывает эти «кирпичи» Божественная сущность³.

² Кёлер, В. (1998). *Гештальт-психология*. М.: АСТ.

³ Whitehead, A.N. (1967). *Process and reality*. N.-Y.: Macmillan company.

В 1932 г. Л. фон Бергаланфи в своей работе «Теоретическая биология» предположил, что «наука о целостности призвана играть в нашем мировоззрении такую роль, которую она никогда не играла раньше» (*Bertalanffy, 1932*).

В 30-е годы XX в. Л. фон Бергаланфи разрабатывает теорию открытых систем. Будучи биологом и исследуя живые организмы, Л. фон Бергаланфи осознавал, что любой организм является открытой системой, взаимодействующей с внешней средой. Недостаток теории по вопросу открытых систем вынудил исследователя самостоятельно развивать теорию открытых систем. Л. фон Бергаланфи, обобщая полученные знания, установил, что множество явлений из разных областей исследования можно описать подобными математическими моделями (изоморфизм). Изначально системный подход был встречен с сомнением. Т.е. мысль о том, что разные явления (например, осциллятор механической и электрической природы) можно описать сходными математическими моделями, казалась тривиальной. Так как математика и без того применима ко множеству областей. Но преданность Л. фон Бергаланфи идее системы дала результаты. В 1954 г. Л. фон Бергаланфи конкретизировал проект организации «Общие системные исследования» на ежегодном собрании Американской Ассоциации научных достижений. Функции организации были следующие:

- 1) изучать изоморфизм концепций, законов и моделей;
- 2) применять имеющиеся модели в других областях знаний с тем, чтобы уменьшить дублирование теоретических усилий;
- 3) увеличивать единство науки, улучшая взаимодействие между учёными.

Начиная с 1954 г. стал функционировать ежегодник «Общие системы».

Учёные всего мира согласились с мыслью о том, что множество явлений окружающего нас мира (биологические, социальные, исторические и пр.) целесообразно рассматривать именно как системы. Такой подход позволяет увеличить объём знаний об окружающем мире в сравнении с предшествующей механистической концепцией. Дискретность человеческого разума и языка проецировалась и на область исследования. Всё, что изучалось, представлялось состоящим из отдельных разрозненных частей. Системный подход имеет дело с единым целым и позволяет решать более общие проблемы.

В 1948 г. была опубликована книга Н. Винера «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине» (*Винер, 1958*).

В своей работе Н. Винер предложил концепции обратной связи, циклической системы, сервомеханизма и распространил их не только на техническую, но и на биологическую и социальную сферы. Т.е. эти концепции также подчеркивают изоморфизм в различных системах.

В 1948 г. увидела свет статья К. Шеннона «Математическая теория связи» (*Шеннон, 1963*), в которой автор предложил концепцию информации. Эта концепция является частью общей теории систем, так как применима ко всем отраслям знаний.

Соответственно, концепция системы, начиная со второй половины XX века, стала преобладать в научном мире. Современная наука, изучая системы, стремится преодолеть узость и раздробленность знаний. Изучение системы означает изучение единого целого, а не разрозненных частей этого единого целого. Этим единым целым может быть как инфузория-туфелька, так и вселенная. Системный подход, предположительно, даёт многомерный и многослойный эффект и в состоянии обеспечить синтез всех знаний человечества. В процесс построения знания вовлекаются все «кубики», когда-либо созданные человеческим умом.

Приведём различные определения системы:

1) «Комплекс элементов, находящихся во взаимодействии» (*Bertalanffy, 1950*);

2) «Нечто такое, что может изменяться с течением времени», «любая совокупность переменных..., свойственных реальной логике» (*Эшби, 2005*);

3) «Отображение входов и состояний объекта в выходных объекта» (*Месарович, Такахага, 1978*).

Для детального понимания сущности системы наряду с этими определениями уместно описать свойства систем.

1) Система состоит из взаимодействующих элементов, причём связи между элементами настолько сильны, что ими нельзя пренебречь при исследовании системы. Процедура исследования, подразумевающая разложение целого на части и последующее воссоединение этих частей, становится затруднительной по причине сильного взаимодействия между частями системы.

2) Связи, описывающие поведение частей системы, не обязательно линейны. Зачастую взаимодействия между частями системы нелинейны. В этом случае математическая модель системы приводит нас в общем случае к системе нелинейных дифференциальных уравнений. Соответственно, одним из методов решения нелинейной

системы может быть приближённая замена нелинейных соотношений между частями системы на линейные, в тех границах, где подобная замена не приведёт к существенному искажению результата.

3) Наличие множества элементов в системе и связей между ними приводит нас к пониманию того, что математическая модель системы может оказаться NP-задачей. Если число элементов системы n и между любыми элементами существуют связи, то число всех взаимодействий между элементами зависит от n (числа элементов системы) либо по экспоненте e^n , либо как факториал n .

Асимптотическая формула Стирлинга для факториалов больших чисел

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n. \quad (1)$$

Это означает, что проанализировать все взаимодействия между элементами системы, состоящей из $n=100$ элементов, хотя бы за время одной человеческой жизни (70 лет), сейчас не сможет ни один суперкомпьютер. Так как для системы, состоящей из значительного числа элементов (свыше 50), точное решение за разумное время не может быть найдено, можно применить методы, обеспечивающие получение приближённого решения. Например, эвристические методы.

4) Для всех систем справедлив иерархический порядок, будь то физические системы или биологические системы. У каждой системы есть структура (порядок частей системы) и функция (порядок процессов внутри системы). И для структур, и для функций различных систем иерархия может быть схожей. Принципы иерархического порядка подобны для различных систем. Эти принципы, предположительно, можно задать организованным графом или выразить языком математической логики.

5) Существуют модели, принципы и законы, которые справедливы для различных систем, безотносительно области функционирования этих систем – биологические, химические, физические, социальные и пр. системы. Это свойство изоморфизма. Например, для популяций бактерий, животных, людей, для радиоактивного распада может быть применён экспоненциальный закон роста. Соответственно, системы из различных областей можно описать подобными математическими моделями.

6) Свойство эквивиальности. В открытых системах (живые

организмы) одно и то же конечное состояние может быть достигнуто при разных начальных условиях и разными путями. Куст картофеля может вырасти как из целой картофелины, так и из половины и даже из четверти. Т.е. витальные силы управляют процессами в открытой системе для достижения требуемого конечного результата. Применение свойства эквифинальности может привести к экономии ресурсов, которые использует в своей деятельности человеческая популяция.

7) В закрытых системах энтропия (мера беспорядка) всегда возрастает. В открытых системах (живые организмы), с одной стороны, энтропия возрастает. С другой стороны, пока живой организм сопротивляется дезорганизации, возникает поток отрицательной энтропии (негэнтропии), который противостоит росту энтропии. Соответственно, если негэнтропийный поток превосходит энтропийный поток, живой организм становится более упорядоченным и организованным. В человеческом обществе достаточно примеров как преобладания энтропии над негэнтропией так и обратного явления.

$$\Delta S > 0 \quad \text{для закрытых систем,} \quad (2)$$

$$\Delta S < 0 \quad \text{для открытых (живых) систем,} \quad (3)$$

где ΔS – прирост энтропии.

8) Для открытых (живых и неживых) систем характерно наличие обратной связи. Она обеспечивает устойчивое состояние системы или стремление к цели посредством динамического взаимодействия компонентов системы. Соответствующие механизмы системы отслеживают и передают информацию об отклонениях от состояния, которое должно поддерживаться (температура тела) или цели (цель ракеты), которая должна быть достигнута. Систему можно определить набором функций с соответствующими областями значения и определения этих функций. Можно задать критические значения основных параметров системы, при приближении к которым система возвращается в устойчивое состояние.

Итак, были рассмотрены некоторые основные свойства систем и указаны пути детального исследования (решения) систем в части этих свойств (табл.).

Таблица

Возможные решения некоторых свойств систем

№	Свойство системы	Пути решения
1	Взаимодействия между частями системы нелинейные	Линеаризация соотношений и математических моделей
2	Значительное число элементов в системе и связей между ними	Приближенные методы решения системы. Например, эвристические.
3	Иерархический порядок в системах	Описание иерархии языком математической логики, организованными графами
4	Изоморфизм систем	Применение подобных математических (содержательных) моделей
5	Обратная связь	Описание системы набором функций с заданием критических значений основных параметров

Заключение

Рассмотренные свойства систем позволяют предположить, что для решения некоторых систем вполне можно применить математические конструкции, математические модели. Соответственно, с учётом изоморфизма, составить алгоритмы для решения систем.

Дальнейшее рассмотрение этого вопроса потребует изучения классификации систем.

ИСТОЧНИКИ:

- Богданов, А.А. (1989). *Тектология: Всеобщая организационная наука* (в 2-х книгах). М.: Экономика.
- Винер, Н. (1958). *Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине*. М.: Советское радио.
- Месарович, М., Такахара, Я. (1978). *Общая теория систем: математические основы*. М.: Мир.
- Петров, М.К. (2012). Системный подход и человекообразность теоретического мышления. *Социология науки и технологий*, 3(3), 97-111.
- Прангишвили, И.В. (2003а). Системный подход, системное мышление и энтропизация фундаментальных знаний. *Проблемы управления*, 1, 3-7.
- Прангишвили, И.В. (2003б). Системный подход, системное мышление и энтропизация фундаментальных знаний. *Датчики и системы*, 8, 62-65.
- Шагиахметов, М.Р. (2007). Системный подход и философия. *Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России*, 2, 146-151.
- Шеннон, К. (1963). Математическая теория связи. В книге *Работы по теории информации и кибернетике* (С. 243-332). М.: Издательство иностранной литературы.
- Эшби, У.Р. (2005). *Введение в кибернетику* (2-е изд., стереотипное). М.: КомКнига.

-
- Arnold, R.D., Wade, J.P. (2015). [A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach](#). *Procedia Computer Science*, 44, 669-678. doi: [10.1016/j.procs.2015.03.050](https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050)
- Bertalanffy, L. (1932). *Theoretische Biologie* (Bd. I). Berlin.
- Bertalanffy, L. (1950). [An Outline of General System Theory](#). *British Journal Philosophy of Science*, 1(2), 134-165;
- Cabrera, D., Colosi, L., Lobdell, C. (2008). [Systems thinking](#). *Evaluation and Program Planning*, 31(3), 299-310. doi: [10.1016/j.evalprogplan.2007.12.001](https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2007.12.001)
- Dublin, L.I., Lotka, A.J. (1925). [On the true rate of natural increase as exemplified by the population of the United States, 1920](#). *Journal of the American statistical association*, 20(151), 305-339. doi:10.1080/01621459.1925.10503498
- Mingers, J. (2015). [Helping business schools engage with real problems: The contribution of critical realism and systems thinking](#). *European Journal of Operational Research*, 242(1), 316-331. doi: [10.1016/j.ejor.2014.10.058](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.10.058)
- Mingers, J., White, L. (2010). [A review of the recent contribution of systems thinking to operational research and management science](#). *European Journal of Operational Research*, 207(3), 1147-1161. doi: [10.1016/j.ejor.2009.12.019](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.12.019)
- Pan, X., Valerdi, R., Kang, R. (2013). [Systems Thinking: A Comparison between Chinese and Western Approaches](#). *Procedia Computer Science*, 16, 1027-1035. doi: [10.1016/j.procs.2013.01.108](https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.108)
- Uphoff, N. (2014). [Systems thinking on intensification and sustainability: systems boundaries, processes and dimensions](#). *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 89-100. doi: [10.1016/j.cosust.2014.10.010](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.10.010)

Valentin M. Nikonorov, Candidate of Science, Economics; Associate Professor of the Chair of Corporate Economics and Pricing, St. Petersburg State University of Trade and Economics

Systems, their nature and properties

ABSTRACT:

The author reviews the formation of systems theory. He analyzes the basic properties of systems. Based on the research results, the author suggested systems solutions as to some of the properties.

KEYWORDS: system, feedback, mathematical model, entropy, homeostasis
