



УДК 005; 303.732

DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-2-372-384

## ОБЩЕСИСТЕМНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КАК СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМНОЙ ТЕОРИИ, ОСНОВАННОЙ НА СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНОМ ПОДХОДЕ

### SYSTEM-WIDE REGULARITIES AS MEANINGFUL ELEMENTS OF THE SYSTEM THEORY BASED ON THE SYSTEM-OBJECT APPROACH

С.И. Маторин<sup>1</sup>, А.Г. Жихарев<sup>2</sup>  
S.I. Matorin<sup>1</sup>, A.G. Zhikharev<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Белгородский университет кооперации, экономики и права,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

<sup>2)</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

<sup>1)</sup> Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,  
116a Sadovaya St., Belgorod, 308015, Russia

<sup>2)</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: matorin@softconnect.ru

#### Аннотация

Обосновывается необходимость создания системной теории, учитывающей общесистемные закономерности и их взаимосвязи. Приводятся основные концептуальные положения теории, основанной на системно-объектном подходе «Узел – Функция – Объект». Предлагается классификация систем по их структурным (узловым) характеристикам. Средствами системно-объектного подхода обосновывается иерархическая схема взаимосвязей общесистемных закономерностей. Представлены результаты сравнительного анализа возможностей процессного, объектно-ориентированного и системно-объектного подходов учитывать общесистемные закономерности при построении моделей систем.

#### Abstract

The necessity of creating a system theory, taking into account the system-wide regularities and their interrelations, is substantiated. The basic conceptual provisions of the theory based on the system-object approach «Node – Function – Object» are given. The classification of systems according to their structural (nodal) characteristics is proposed, based on the categorical classification of connections. A graphic formalism is introduced, representing a special object of calculating Abadi-Cardeli objects. By means of the system-object approach, a hierarchical scheme of interrelations of system-wide regularities is substantiated. The results of a comparative analysis of the possibilities of process, object-oriented and system-object approaches are presented to take into account system-wide regularities in the construction of system models.

**Ключевые слова.** Системно-объектный подход «Узел – Функция – Объект», схема взаимосвязей общесистемных закономерностей, концептуальные положения системной теории.

**Keywords.** The system-object approach «Unit – Function – Object», the scheme of interrelations of system-wide regularities, conceptual positions of the system theory.

---

#### Введение

Обзор современного состояния системных исследований и способов построения системных теорий (см., например, [Прангишвили, 2000]) показывает, что, как правило, эти теории основаны на теоретико-множественном подходе и, таким образом, не учитывают и не могут учитывать (обоснование см., например, [Шрейдер, Шаров, 1982]) известные общесистемные закономерности. При этом сами общесистемные закономерности выводятся

авторами из практического опыта и здравого смысла первоначально, как правило, в рамках конкретных наук и предметных областей. Несмотря на приводимые примеры, они остаются не обоснованными, так как не выводятся из какой-либо концепции системного подхода и не описываются единым понятийным аппаратом. Кроме того, имеющие место попытки объединения этих закономерностей в группы не обосновывают их взаимосвязей и взаимозависимостей.

Таким образом, существует актуальная задача разработки концепции системной теории, включающей в себя общесистемные закономерности, т. е. обеспечивающей их учет и позволяющей обосновать их взаимосвязи.

Данные результаты исследования являются развитием теоретических положений, представленных в работах [Маторин, 2016; Маторин, Жихарев, Зимовец, 2017; Маторин, Жихарев, Зимовец, 2017а; Маторин, Жихарев, Зимовец, 2017б].

### **Исходные концептуальные положения системной теории, основанной на системно-объектном подходе**

Эти положения сводятся к следующему.

Во-первых, система рассматривается как *функциональный объект, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса (т. е. надсистемы)* [Мельников, 1978]. При этом рассматривается два принципиально различных вида систем в соответствии с предложенным в работе [Шрейдер, Шаров, 1982] делением систем на *внутренние системы* (системы-явления) и *внешние системы* (системы-классы). Развитие данной концепции системы приводит к представлению системы в виде триединой конструкции «Узел – Функция – Объект» (УФО-элемента) [Маторин, 2005], где:

- *узел* – структурный элемент надсистемы в виде перекрестка связей данной системы с другими системами;
- *функция* – динамический (функциональный) элемент надсистемы, выполняющий определенную роль с точки зрения поддержания надсистемы путем балансирования связей данного узла;
- *объект* – субстанциальный элемент надсистемы, реализующий данную функцию в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т. д. характеристиками.

Представление же системы в виде УФО-элемента позволяет формализовать описанное в данном концептуальном положении содержательное определение системы  $s$  в виде специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели [Abadi, Cardelli, 1996] (называемого нами «узловым объектом» [Жихарев и др., 2013]), состоящего из полей и методов:  $s = [U, f, O]$ , где:

$U$  – *узел*, формально представляет собой поле узлового объекта для описания объектов еще одного специального вида (называемых нами «потокowymi объектами» [Жихарев и др., 2013]), соответствующих множеству функциональных связей данной системы.  $U = L? \cup L!$ , где  $L?$  – множество входящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих входящим связям системы  $s$ ,  $L!$  – множество исходящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих выходящим связям системы  $s$ . Причем:  $L? \subset L$  и  $L! \subset L$ , т. е. относятся к множеству всех связей  $L$  (потокowych объектов). При этом  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\}$ , где  $n$  – количество потоковых объектов (связей системы);  $l_i = [r_1, r_2, \dots, r_k]$ , где  $l_i \in L$ ;  $k$  – количество полей потокового объекта  $l_i$ ;  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – поля потокового объекта, представляющие собой пару «идентификатор – значение».

$f$  – *функция*, формально представляет собою метод узлового объекта, описывающий функцию системы  $s$ , т. е. процесс преобразования входящих интерфейсных потоковых объектов (входящих связей системы)  $L?$  в выходящие  $L!$ . Далее, в соответствии с принятой в теории объектов манерой обозначений, метод узлового объекта будем пред-

ставлять в следующем виде:  $f(L?)L!$ , где  $f$  – метод узлового объекта (функция/процесс системы  $s$ ) с областью определения  $L?$  и областью значений  $L!$ , соответственно.

**O** – объект, формально представляющий собою множество полей узлового объекта для описания объектных (субстанциальных) характеристик системы  $s$ . Множество полей для описания объектных характеристик системы состоит из трех подмножеств:  $O = O? \cup O! \cup Of$ , где  $O?$  – множество полей, которое содержит интерфейсные входные характеристики узлового объекта (системы  $s$ ),  $O!$  – множество полей, которое содержит интерфейсные выходные характеристики узлового объекта (системы  $s$ ),  $Of$  – множество полей, которое содержит передаточные характеристики узлового объекта (системы  $s$ ).

Таким образом, в полном соответствии с содержательным определением, система  $s$ , формально представляется в виде следующего выражения:

$$s = [(L?, L!); f(L?)L!; (O?, O!, Of)].$$

Во-вторых, любая система обязательно связана с другими системами, и эти связи представляют собой потоки элементов глубинного яруса связанных систем. При этом связи данной системы с другими системами – функциональные, связи между подсистемами данной системы – поддерживающие. Формально данное концептуальное положение можно представить следующим образом:  $\forall \{s\} \exists L: L \in \{s\}, L \in S_i$ , где  $s$  – рассматриваемая система;  $S_i$  – множество систем, связанных с системой  $s$ ;  $L$  – связи, представляющие собой потоки элементов  $e_s$  таких, что  $\forall \{e_s\}: \{e_s\} \not\subseteq s$  и  $\{e_s\} \not\subseteq S_i$ .

В-третьих, упомянутое в определении системы явление обуславливания функции системы функцией надсистемы рассматривается как функциональный запрос надсистемы на систему с определенной функцией (внешняя детерминанта системы). Эта детерминанта формально описывается полем  $U$  узлового объекта, соответствующего данной системе, т. е. множеством потоковых объектов, соответствующих функциональным связям системы  $(L?, L!)$ . Внешняя детерминанта системы есть причина ее возникновения, цель ее существования и главный определитель ее структурных, функциональных и субстанциальных свойств. Таким образом, она рассматривается в качестве *универсального системобразующего фактора*. Функционирование же системы под влиянием внешней детерминанты является ее *внутренней детерминантой*, так как непосредственно определяет ее внутренние свойства (структурные, функциональные и субстанциальные свойства подсистем). Эта детерминанта формально описывается методом  $f$  узлового объекта, соответствующего данной системе, т. е. в следующем виде:  $f(L?)L!$ . Таким образом, можно уточнить формальное выражение для принятого определения системы следующим образом:  $s = [U \Rightarrow f \Rightarrow O]$  и  $s = [(L?, L!) \Rightarrow f(L?)L! \Rightarrow (O?, O!, Of)]$ . Кроме того, функционирование системы в соответствии с внешней детерминантой устанавливает между системой и надсистемой отношение поддержания функциональной способности более целого [Мельников, 1978]. При этом процесс приближения внутренней детерминанты системы к ее внешней детерминанте представляет собой адаптацию системы к запросу надсистемы.

В-четвертых, следствием упомянутого выше определения системы и понимания связи между системами являются **правила системной композиции** [Маторин, 2005], которые применяются для агрегации системы из составных частей, представляемых в виде УФО-элементов, или для декомпозиции системы на такие составные части. Определены следующие правила комбинирования УФО-элементами.

1. **Присоединения**: элементы должны присоединяться друг к другу в соответствии с качественными характеристиками присущих им связей (потоков).

2. **Баланса**: при присоединении элементов друг к другу (в соответствии с первым правилом) должен обеспечиваться баланс «притока» и «оттока» по входящим и выходящим функциональным связям (потокам).

3. **Реализации**: при присоединении элементов друг к другу (в соответствии с первым и вторым правилами) должно быть обеспечено соответствие интерфейсов и количественных объектных характеристик функциональным.

4. **Замкнутости**: поток, не связанный с «проточными» потоками от входа к выходу, замкнут т. е. образует цикл (обратную связь).

В-пятых, в рамках системно-объектного подхода рассматриваются не абстрактные связи **L**, т. е. любые потоки вообще, а связи/потоки, имеющие определенное содержание. Это обусловлено введением в концепцию рассматриваемой системной теории *классификации связей*. В данной классификации абстрактный класс «Связь (**L**)» делится на непересекающиеся подклассы «Материальная связь (**M**)» и «Информационная связь (**I**)»; класс материальных связей делится на непересекающиеся подклассы «Вещественная связь (**V**)» и «Энергетическая связь (**E**)»; класс информационных связей – на непересекающиеся подклассы «Связь по данным (**D**)» и «Управляющая связь (**C**)» [Маторин, 2005]. Данная классификация связей/потоков дополняется более конкретными потоками при описании систем определенной предметной области и является основой создания объектов (УФО-элементов) различных типов. Использование классификации связей позволяет классифицировать УФО-элементы по их узлам (см. таблицу 1).

Таблица 1  
Table 1

Классификация узлов  
Classification of unit

	<b>M!</b>	<b>I!</b>	<b>M!, I!</b>
<b>M?, M?</b> <sub>i</sub>	+		+
<b>I?, I?</b> <sub>i</sub>		+	
<b>M?, I?</b>	+		+

Данная классификация обусловлена, в первую очередь, тем, что материя не может преобразовываться в информацию, а информация не может преобразоваться в материю. Кроме того, для любого преобразования и материального, и информационного потока требуется определенное воздействие другого потока.

Представленные положения легли в основу формального аппарата, основанного на исчислении объектов Абади-Кардели, который, по мнению авторов, позволяет создать общую (абстрактную) теорию систем, впервые обеспечивающую возможности проведения алгебраических операций с системами, в их представлении в виде триединых конструкций «Узел – Функция – Объект» (УФО-элемент), как с формальными специальными объектами упомянутого выше исчисления.

Графическое представление приведенного выше выражения для системы **s** показано на рисунке 1. Этот непроектируемый объект является элементарным носителем информации в предлагаемом исчислении систем как УФО-элементов.

Интерфейсные характеристики объекта системы



Рис. 1. Графический формализм исчисления систем как УФО-элементов  
Fig. 1. The graphical formalism of the calculation of systems as an UFO-element

Представленные формализмы позволили ввести в теорию систем ряд алгебраических операций, которые, по мнению авторов, можно рассматривать как основы исчисления систем (УФО-элементов) [Matorin, Zhikharev, 2017; Маторин, Жихарев, Зимовец, 2017]: добавления поля потоковому объекту; удаления из потокового объекта поля; переопределения поля потокового объекта; переопределения метода узлового объекта (систе-



мы); соединения узловых объектов (систем); объединение объектов (систем) по входу; объединение объектов (систем) по выходу.

### Схема взаимосвязей общесистемных закономерностей

Одной из задач разрабатываемой системной теории является учет известных общесистемных принципов и закономерностей, в том числе при моделировании систем. Для решения этой задачи были проведены исследования взаимосвязей и взаимозависимостей этих закономерностей, которые в настоящее время в публикациях по теории систем не рассматриваются, хотя, очевидно, что действительно системная теория должна эти взаимосвязи учитывать. Наши исследования в этом направлении [Маторин, 2016; Маторин, Жихарев, Зимовец, 2017a] позволяют предположить, что общесистемные закономерности связаны между собой в рамках иерархической структуры, схема которой показана на рисунке 2.

По мнению авторов, в основе существования всех общесистемных закономерностей лежат структурные свойства универсума, т. е. узловые характеристики систем. И, в первую очередь, основополагающей общесистемной закономерностью является обязательное наличие множества коммуникаций (связей) любой системы с окружающей средой, т. е. известный принцип коммуникативности [Садовский, Юдин, 1969]. Совершенно очевидно, что система, не имеющая никаких связей с другими системами, просто не может быть ни каким образом обнаружена и, таким образом, не существует.

Принцип *обратной связи* [Эшби, 2005] является и следствием, и видом коммуникативности, так как просто уточняет определенный вид связей.

Принцип *иерархичности* [Берталанфи, 1969], по сути дела, говорит о том, что системы за счет своих связей образуют систему более высокого яруса, т. е. надсистему. Таким образом, данный принцип, также как и предыдущий, уточняет принцип коммуникативности.

Принцип *моноцентризма* [Богданов, 2003] тесно связан с принципом иерархичности, так как системная иерархия всегда моноцентрична, что показано в работах [Маторин, 1996; Маторин, Жихарев, Зимовец, 2017a] с использованием концепции систем-классов (внешних систем).

Иерархичность и моноцентризм являются необходимыми и достаточными условиями работы принципа *организационной непрерывности*, так как установить между всякими двумя системами одну «цепь ингрессии» [Богданов, 2003] можно только в том случае, если все системы находятся в одной иерархии.

Принцип *внешнего дополнения* [Бир, 2006] работает, естественно, только в иерархических структурах, обеспечивая «обобщение» и «специфицирование» взаимодействий между уровнями иерархии за счет обратных связей.

Принцип *взаимно-дополнительных соотношений* (или *комплиментарности*) [Богданов, 2003] является прямым следствием существования обратных связей, обеспечивающих устойчивость системы.

Принцип *прогрессирующей сегрегации* [Берталанфи, 1969a], по мнению авторов, есть результат проявления принципа иерархичности в условиях дифференциации системы.

Перечисленные общесистемные принципы, касающиеся структурных (узловых) свойств систем обуславливают существование принципов, описывающих их функциональные характеристики, действия которых к тому же зависят от влияния универсального системообразующего фактора (внешней детерминанты системы), входящего в концепцию разрабатываемой системной теории.

Принцип *прогрессирующей механизации* [Берталанфи, 1969a], обеспечивающий функциональную специализацию систем (частей системы), имеет смысл при условии функционирования систем в некоторой иерархической структуре.

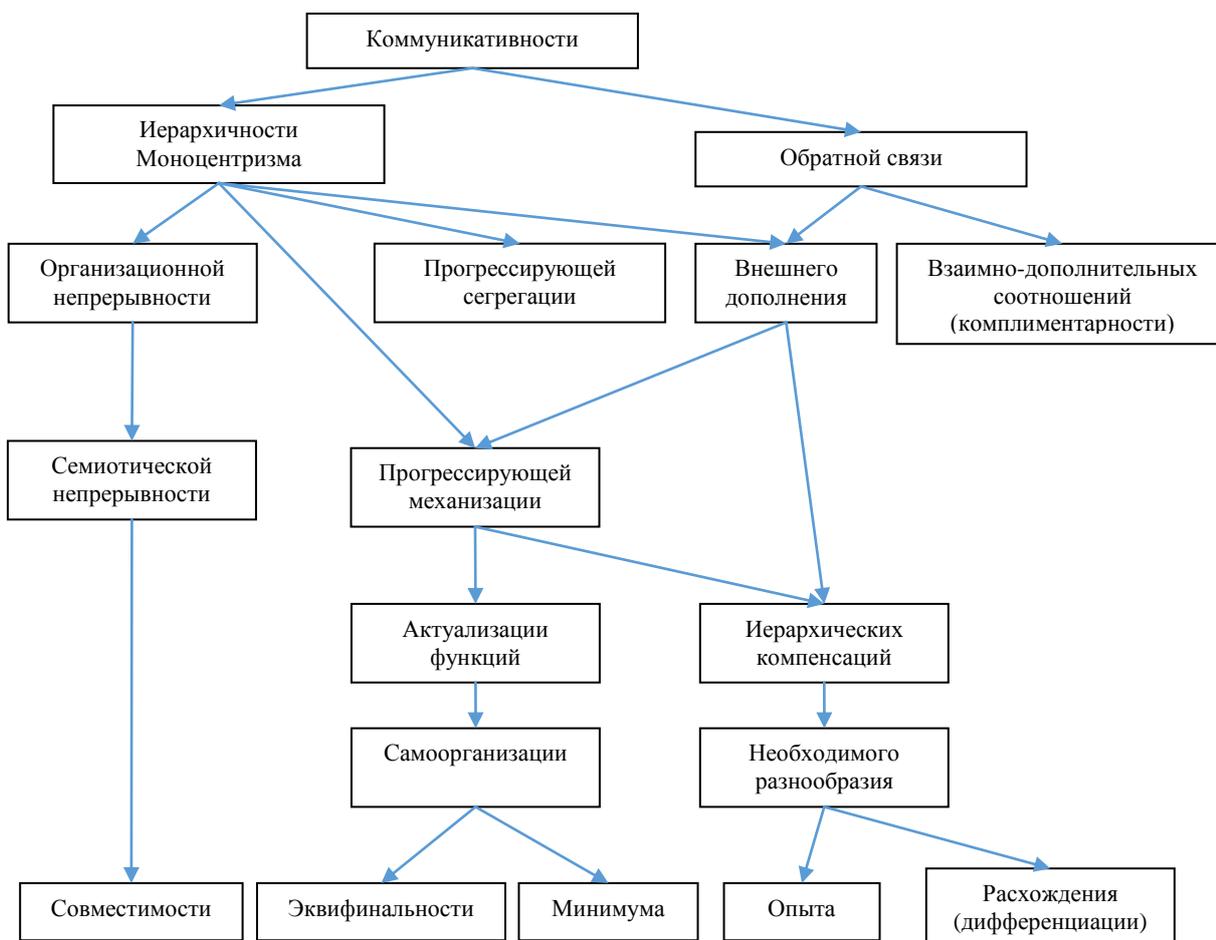


Рис. 2. Структура взаимосвязей общесистемных закономерностей  
 Fig. 2. Structure of interrelations of system-wide regularities

Принцип *актуализации функций* [Сетров, 1969] является следствием предыдущего принципа. Дело в том, что прогрессирующая механизация представляет собой процесс передачи сверху вниз (от надсистемы к системам и далее к подсистемам этих систем) функциональных запросов (внешних детерминант) на формирование систем (подсистем) с определенными функциями, что приводит к их адаптации к данным запросам с помощью механизма принципов внешнего дополнения и обратной связи. Актуализация же функций обеспечивает такие свойства систем (подсистем), что они проявляются как функции сохранения и развития надсистемы (системы). Это, по сути дела, соответствует учтенному в представляемой системной концепции отношению поддержания функциональной способности целого как результату адаптации системы к запросу надсистемы.

Принцип *самоорганизации* [Гиг, 1981], утверждающий, что в любой системе осуществляется процесс поступательной функционализации элементов системы за счет ее адаптации к запросу надсистемы, очевидно, является прямым следствием (видом) предыдущего принципа. Дело в том, что адаптация в данном случае рассматривается как приближения внутренней детерминанты системы к ее внешней детерминанте, т. е. как процесс все большего соответствия текущего функционирования системы функциональному запросу надсистемы. Адаптация, следовательно, приводит к увеличению степени поддержания функциональной способности надсистемы со стороны системы.

Закон *иерархических компенсаций* [Седов, 1993] может работать только в условиях функциональной специализации систем с учетом специфицирования (и обобщения) связей между ними на разных уровнях иерархии, т. е. при условии выполнения принципов прогрессирующей механизации и внешнего дополнения. Таким образом, прогрессирующая механизация

зация и внешнее дополнение – два принципа, обеспечивающие снижение разнообразия на низких уровнях иерархии (и большее разнообразие на верхних уровнях).

Закон *необходимого разнообразия* [Эшби, 2005] в иерархических структурах, очевидно, использует механизм предыдущего закона.

Гипотеза *семиотической непрерывности* [Виноградов, Гинзбург, 1971], по мнению авторов, может быть подтверждена фактом существования всех систем в рамках общей иерархической структуры (т. е. организационной непрерывностью) и отражением системной существенных свойств среды, среди которых основной составляющей является функциональный запрос надсистемы на систему с данной функцией.

Описанные выше общесистемные закономерности, касающиеся функциональных свойств систем, в свою очередь, обуславливают существование закономерностей, описывающих их объектные (субстанциальные) характеристики.

Организационная и семиотическая непрерывности обеспечивают выполнение принципа *совместимости* [Сетров, 1971], обеспечивающего существование условий взаимодействия между системами за счет качественной и организационной их однородности.

Принцип *эквивинальности* [Берталанфи, 1972] рассматривается как способность системы достигать состояния, которое не зависит от времени и начальных условий, а зависит только от параметров системы. В описаниях и пояснениях к данной закономерности при этом, как правило, упоминается еще и влияние окружающей среды. В рамках предлагаемого системного подхода надсистема является главной составляющей окружающей систему среды, а внешняя детерминанта системы является одним из важнейших ее параметров. Таким образом, эквивинальность есть результат адаптации системы к функциональному запросу надсистемы, т. е. самоорганизации системы.

Закон *минимума* [Богданов, 2003] утверждает, что устойчивость системы определяется устойчивостью ее самого слабого звена. С точки зрения рассматриваемого системного подхода устойчивость любой системы напрямую зависит от степени адаптации этой системы к функциональному запросу ее надсистемы. Это обстоятельство обусловлено тем, что с увеличением степени адаптации системы увеличивается степень поддержки, которую оказывает система своей надсистеме. А чем лучше система поддерживает надсистему, тем больше надсистема в этой системе заинтересована и тем лучше она (надсистема) эту систему обеспечивает со своей стороны, что приводит к увеличению устойчивости этой системы. Таким образом, устойчивость системы, как именно такой системы, определяется устойчивостью самой слабо адаптированной, самой неустойчивой подсистемы, что соответствует закону минимума, который, в нашем понимании, зависит от степени самоорганизации.

Закон *расхождения* [Тахтаджян, 1971] утверждает тот факт, что различные части однородной системы подвержены действию сил, различающихся по качеству и величине, вследствие чего они изменяются различно. Это увеличивает разнообразие и обеспечивает универсум разнообразным исходным материалом. Данный закон соответствует ситуации, при которой две тождественные системы имеют две различные внешние детерминанты (два разных функциональных запроса). Естественно, в процессе адаптации к различным запросам данным системам будет свойственно прогрессирующее накопление различий в виде различных внутренних детерминант. По-видимому, справедливо утверждать, что данный закон уточняет закон необходимого разнообразия, описывая ситуацию, при которой необходимое разнообразие увеличивается в случае прогрессирующей сегрегации. Таким образом, закон расхождения является следствием закона необходимого разнообразия и принципа прогрессирующей сегрегации.

Закон *опыта* [Эшби, 2005] утверждает тот факт, что единообразное воздействие на некоторое множество элементов уменьшает разнообразие состояний этого множества. Данный закон является противоположным по отношению к предыдущему закону и уменьшает разнообразие универсума. Закон опыта соответствует ситуации, при которой системы (или одна система) подвергаются воздействию одного и того же (или постоянно-

го) функционального запроса (внешней детерминанты), что в процессе адаптации приводит к сближению внутренних детерминант или существенному сокращению области возможных состояний детерминируемой системы. Таким образом, закон опыта также является видом закона необходимого разнообразия.

### **Учет общесистемных закономерностей средствами системно-объектного подхода в сравнении с возможностями других подходов**

Для включения общесистемных закономерностей в разрабатываемую системную теорию, особенно с целью их использования при моделировании систем, кроме установления их взаимосвязей и взаимозависимостей необходимо определить потенциальные возможности системного подхода, используемого при создании упомянутой теории, обеспечивать учет этих общесистемных закономерностей. Авторами проведены сравнительные исследования возможностей различных подходов учитывать упомянутые выше общесистемные закономерности.

Сравнение возможностей процессного (системно-структурного/системно-функционального), объектно-ориентированного, системно-объектного подходов, а также нотации BPMN учитывать общесистемные закономерности показывает (см. таблица 2), что системно-объектный подход позволяет учесть большее число таких закономерностей, что хорошо видно, например, на закономерностях, касающихся объектных (субстанциальных) характеристик систем. Кроме того, ряд закономерностей системно-объектный подход позволяет учесть более полноценно. Например, для учета принципа внешнего дополнения только в рамках системно-объектного подхода предусмотрена специальная содержательная классификация связей/потоков. Представленная схема взаимосвязей общесистемных закономерностей и таблица с результатами сравнительного анализа возможностей различных подходов учитывать эти закономерности позволяют глубже понять суть и смысл самой известной общесистемной закономерности, а именно *эмерджентности* как явления возникновения у системы новых интегративных свойств, отсутствующих у ее элементов. Они позволяют предположить, что необходимым условием эмерджентности являются принципы иерархичности и моноцентризма, а достаточным условием – принцип актуализации функций и закон иерархических компенсаций.

### **Заключение**

Авторами на основе системно-объектного подхода предложена концепция системной теории, включающей в себя общесистемные закономерности, т. е. обеспечивающей их учет и позволяющей обосновать их взаимосвязи. При этом впервые разработана и обоснована иерархическая схема взаимосвязей общесистемных закономерностей. Предложенная схема позволила выявить однозначную зависимость закономерностей, касающихся функциональных характеристик систем, от закономерностей, описывающих их структурные характеристики, и, соответственно, зависимость закономерностей, связанных с объектными характеристиками систем, от закономерностей функциональных. Кроме того, выявленные взаимосвязи между общесистемными принципами и закономерностями позволили показать необходимые и достаточные условия возникновения системного эффекта или явления эмерджентности. Дополнительно авторами проанализированы возможности системно-объектного подхода в сравнении с другими подходами учитывать общесистемные закономерности для решения задач моделирования систем.

Сравнительный анализ показывает, что системно-объектный подход обладает необходимыми средствами для учета всех общесистемных закономерностей.

Таким образом, полученные результаты обосновывают целесообразность использования системно-объектного подхода «Узел – Функция – Объект» для создания не теоретико-множественной общей теории систем.

**Сравнительный анализ учета общесистемных закономерностей**  
**Comparative analysis of accounting for system-wide regularities**

Общесистемные принципы и закономерности	Процессный подход (системно-структурный/ системно-функциональный)	Объектно-ориентированный подход	Нотация BPMN	Системно-объектный подход
<b>УЗЛОВЫЕ/структурные</b>				
<b>Коммуникативности</b> (система связана множеством коммуникаций с окружающей средой)	На контекстной диаграмме в виде функциональных (внешних) связей	На диаграмме вариантов использования в виде связей с акторами	Нет	На контекстной диаграмме в виде функциональных (внешних) связей
<b>Иерархичности</b> (система на любом ярусе иерархии является частью системы более высокого яруса, т.е. надсистемы)	В виде иерархии диаграмм декомпозиции произвольного числа уровней	На диаграмме классов	В виде BPD-диаграммы, показывающей не более трех уровней иерархии	В виде иерархии диаграмм декомпозиции произвольного числа уровней
<b>Моноцентризма</b> (устойчивая система обладает одним центром)	В виде контекстной диаграммы с одним процессом	Нет	Нет	В виде контекстной диаграммы с одной системой
<b>Организационной непрерывности</b> (констатирует факт наличия между всякими двумя системами звеньев, вводящих их в одну «цепь ингрессии»)	Путем прослеживания связей между процессами в рамках всей модели	Путем прослеживания связей в рамках одного прецедента	Путем прослеживания связей в рамках одной BPD-диаграммы	Путем прослеживания связей между процессами в рамках всей модели
<b>Обратной связи</b> (устойчивость в сложных динамических системах достигается за счёт замыкания петель обратных связей)	В виде необязательных двухсторонних связей и на контекстной диаграмме, и на диаграммах декомпозиции	Нет	В виде необязательных двухсторонних связей на конкретной BPD-диаграмме	В виде двухсторонних связей и на контекстной диаграмме, и на диаграммах декомпозиции в соответствии с правилом замкнутости
<b>Внешнего дополнения</b> (восходящие к системному центру воздействия координируемых элементов подвергаются своеобразному «обобщению», а нисходящие от системного центра координационные импульсы подвергаются «спецификации» в зависимости от характера локальных процессов за счет обратных связей от этих процессов)	Возможность содержательной декомпозиции потоков объектов и информации при декомпозиции процессов (классификация потоков связей не предусмотрена)	Нет. Связи не рассматриваются как потоки объектов и информации	Нет. Связи не рассматриваются как потоки объектов и информации, а только как средство отображения порядка действий или передачи сообщений	Возможность содержательной декомпозиции материальных и информационных потоков при декомпозиции процессов (задана содержательная категориальная классификация потоков связей)



<b>Взаимно-дополнительных соотношений/комплиментарности</b> (устойчивость системы достигается взаимно-дополнительными связями между её элементами в виде замкнутых контуров обратных связей)	В виде необязательных двухсторонних связей и на контекстной диаграмме, и на диаграммах декомпозиции	Нет	В виде необязательных двухсторонних связей на конкретной BPD-диаграмме	В виде двухсторонних связей и на контекстной диаграмме, и на диаграммах декомпозиции в соответствии с правилом замкнутости
<b>Прогрессирующей сегрегации</b> (фиксирует прогрессирующую потерю взаимодействия между элементами системы в ходе ее дифференциации при усилении связей с некоторым элементом, выступающим в роли системного центра)	На диаграмме декомпозиции любого уровня в виде сокращения внутренних связей и появления новых граничных связей	Нет	Нет	На диаграмме декомпозиции любого уровня в виде сокращения внутренних связей и появления новых граничных связей
<b>ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ</b>				
<b>Прогрессирующей механизации</b> (части системы в ходе ее развития специализируются или становятся фиксированными по отношению к определенным функциям или механизмам)	Подпроцессы на иерархии диаграмм любого уровня декомпозиции являются поддерживающими частями процесса верхнего уровня	Нет. Иерархия процессов не может быть представлена	Задачи являются частями подпроцессов, которые являются частями одного процесса (только три уровня)	Подпроцессы на иерархии диаграмм любого уровня декомпозиции являются поддерживающими частями процесса верхнего уровня
<b>Актуализации функций</b> (объект выступает как организованный лишь в том случае, если свойства его частей (элементов) проявляются как функции сохранения и развития этого объекта)	Подпроцессы на иерархии диаграмм любого уровня декомпозиции являются поддерживающими частями процесса верхнего уровня	Нет. Иерархия процессов не может быть представлена	Задачи являются частями подпроцессов, которые являются частями одного процесса (только три уровня)	Подпроцессы на иерархии диаграмм любого уровня декомпозиции являются поддерживающими частями процесса верхнего уровня
<b>Самоорганизации</b> (процесс поступательной функционализации элементов системы)	Подпроцессы на иерархии диаграмм любого уровня декомпозиции являются поддерживающими частями процесса верхнего уровня	Нет. Иерархия процессов не может быть представлена	Задачи являются частями подпроцессов, которые являются частями одного процесса (только три уровня)	Подпроцессы на иерархии диаграмм любого уровня декомпозиции являются поддерживающими частями процесса верхнего уровня
<b>Иерархических компенсаций</b> (в системе рост разнообразия на верхнем уровне иерархии обеспечивается его ограничением на более низких уровнях)	В работающей системе процессы верхнего уровня соответствуют более общим разнообразным функциям. Процессы нижнего уровня соответствуют более специальным ограниченным функциям	Нет. Иерархия процессов не может быть представлена	В работающей системе процессы верхнего уровня соответствуют более общим разнообразным функциям. Процессы нижнего уровня соответствуют более специальным ограниченным функциям	В работающей системе процессы верхнего уровня соответствуют более общим разнообразным функциям. Процессы нижнего уровня соответствуют более специальным ограниченным функциям

<b>Необходимого разнообразия</b> (для создания системы, способной справиться с решением проблемы, обладающей определенным разнообразием, необходимо обеспечить, чтобы система имела большее разнообразие возможностей, чем разнообразие решаемой проблемы)	В создаваемой системе процессы верхнего уровня соответствуют более общим разнообразным функциям. Процессы нижнего уровня соответствуют более специальным ограниченным функциям	Нет. Иерархия процессов не может быть представлена	В создаваемой системе процессы верхнего уровня соответствуют более общим разнообразным функциям. Процессы нижнего уровня соответствуют более специальным ограниченным функциям	В создаваемой системе процессы верхнего уровня соответствуют более общим разнообразным функциям. Процессы нижнего уровня соответствуют более специальным ограниченным функциям
<b>Семиотической непрерывности</b> (система есть образ её среды, т.е. система как элемент окружающей среды отражает некоторые существенные ее свойства)	Функциональный запрос надсистемы к системе отображается в виде функциональных связей процесса на любом уровне иерархии	Функциональный запрос надсистемы к системе отображается в виде связей с акторами на диаграмме вариантов использования	Нет	Функциональный запрос надсистемы к системе отображается в виде функциональных связей процесса на любом уровне иерархии
<b>ОБЪЕКТНЫЕ/субстанциальные</b>				
<b>Совместимости</b> (условием взаимодействия между системами является наличие у них относительной совместимости, то есть относительной качественной и организационной однородности)	Нет	Нет	Нет	Обеспечивается установленными правилами системной композиции, базовой иерархией связей и классификацией узлов
<b>Эквифинальности</b> (способность системы достигать состояния, которое не зависит от времени и начальных условий, а зависит только от параметров системы)	Нет	Нет	Нет	- “ -
<b>Минимума</b> (устойчивость системы определяется устойчивостью ее самого слабого звена)	Нет	Нет	Нет	- “ -
<b>Опыта</b> (единообразное воздействие на некоторое множество элементов уменьшает разнообразие состояний этого множества)	Нет	Нет	Нет	- “ -
<b>Расхождений</b> (различные части однородной системы подвержены действию сил, различающихся по качеству и величине, вследствие чего они изменяются различно)	Нет	Нет	Нет	Обеспечивается возможностью описания процесса адаптации системы к запросу надсистемы за счет изменения объектных характеристик
<b>Эмерджентности</b> (возникновения у системы новых интегративных свойств, отсутствующих у ее элементов)	<u>Необходимое условие:</u> принципы иерархичности и моноцентризма. <u>Достаточное условие:</u> принцип актуализации функций и закон иерархических компенсаций			



## Список литературы References

1. Берталанфи Л. фон. 1969. Общая теория систем – обзор проблем и результатов. В кн.: Системные исследования. Ежегодник. М., Наука, 203.  
Bertalanfi L. fon. 1969. Obshhaya teoriya sistem – obzor problem i rezul'tatov. V kn.: Sistemny'e issledovaniya. Ezhegodnik. M., Nauka, 203. (in Russian)
2. Берталанфи Л. фон. 1969а. Общая теория систем: критический обзор. В кн.: Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. М., Прогресс, 520.  
Bertalanfi L. fon. 1969a. Obshhaya teoriya sistem: kriticheskiy obzor. V kn.: Issledovaniya po obshhey teorii sistem. Sbornik perevodov. M., Progress, 520. (in Russian)
3. Берталанфи Л. Фон. 1972. История и статус общей теории систем В кн.: Системные исследования: Ежегодник. М., Наука, 238.  
Bertalanfi L. fon. 1972. Istoriya i status obshhey teorii sistem. Sistemny'e issledovaniya: Ezhegodnik, M., Nauka, 238. (in Russian)
4. Бир С.Т. 2006. Кибернетика и менеджмент. Перевод с англ. В.Я. Алтаева. Под ред. А.Б. Челюсткина. Предисл. Л.Н. Отоцкого. Изд. 2-е. М., КомКнига, 280.  
Bir S.T. 2006. Kibernetika i menedzhment. Perevod s angl. V.Ya. Altaeva. Pod red. A.B. Chelyustkina. Predisl. L.N. Otockogo. Izd. 2-e. M., KomKniga, 280. (in Russian)
5. Богданов А.А. 2003. Тектология: Всеобщая организационная наука. Сост., предисловие и комментарии Г.Д. Гловели, послесловие В.В. Попкова. М., Финансы, 496.  
Bogdanov A.A. 2003. Tektologiya: Vseobshhaya organizacionnaya nauka. Sost., predislovie i komentarii G.D. Gloveli, posleslovie V.V. Popkova. M., Finansy', 496. (in Russian)
6. Виноградов В. А., Гинзбург Е.Л. 1971. Система, её актуализация и описание. В кн.: Системные исследования. Ежегодник. М., Наука, 280.  
Vinogradov V.A., Ginzburg E.L. 1971. Sistema, eyo aktualizaciya i opisanie. V kn.: Sistemny'e issledovaniya. Ezhegodnik. M., Nauka, 280. (in Russian)
7. Гиг Дж. ван. 1981. Прикладная общая теория систем В 2 кн. М., Мир, Кн. 2, 733.  
Gig Dzh. van. 1981. Prikladnaya obshhaya teoriya sistem V 2 kn. M., Mir, Kn. 2, 733. (in Russian)
8. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. 2013. О системно-объектном методе представления организационных знаний. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 8(151): 137–146.  
Zhiharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. 2013. About system-object method presentation of organizational knowledge. Nauchnye vedomosti BelGU. Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies]. 8(151): 137–146. (in Russian)
9. Маторин С.И., Соловьева Е.А. 1996. Детерминантная модель системы и системологический анализ принципов детерминизма и бесконечности мира. НТИ. Сер. 2, 8: 1–8.  
Matorin S.I., Solov'eva E.A. 1996. Determinantnaya model' sistemy' i sistemologicheskij analiz principov determinizma i beskonechnosti mira. NTI. Ser. 2, 8: 1–8. (in Russian)
10. Маторин С.И., Попов А.С., Маторин В.С. 2005. Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект» Научно-техническая информация. Сер. 2, (1): 1–8.  
Matorin S.I., Popov A.S., Matorin V.S.. 2005. Organization simulation technology in the light of a new «unit-function-object approach». Automatic Document and Mathematical Linguistics, New York, Allerton Press, Inc., 39(1): 1–8.
11. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. 2016. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел – Функция – Объект». Труды ИСА РАН, 1(66): 10–17.  
Matorin S.I., Zimovec O.A., Zhiharev A.G. 2016. Obshhesistemnye principy v terminah sistemno-ob'ektnogo podhoda «Uzel – Funkcija – Ob'ekt». Trudy ISA RAN, 1(66): 10-17. (in Russian)
12. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. 2017. Обоснование общесистемных принципов и закономерностей формализованными средствами системного подхода «УЗЕЛ – ФУНКЦИЯ – ОБЪЕКТ». Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2(251): 128–134.  
Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zimovec O.A. 2017. Substantiation of system-wide principles and regularities formalized by means of a systematic approach «UNIT – FUNCTION – OBJECT». Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika. Informatika. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies]. 2(251): 128–134. (in Russian)



13. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. 2017а. Обоснование взаимосвязей общесистемных принципов и закономерностей с позиции системно-объектного подхода. Труды ИСА РАН, 3(7): 54–63.
- Matorin S.I., ZHiharev A.G., Zimovec O.A. 2017a. Obosnovanie vzaimosvyazei obshchesistemnykh printsipov i zakonomernostei s pozitsii sistemno-ob'ektnogo podkhoda. Trudy ISA RAN, 3(7): 54–63. (in Russian)
14. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. 2017б. Исчисление объектов в системно-объектном методе представления знаний. Искусственный интеллект и принятие решений, 3: 95–106.
- Matorin S.I., ZHiharev A.G., Zimovec O.A. 2017b. Ischislenie ob'ektov v sistemno-ob'ektnom metode predstavleniya znaniy. Iskustvennyi intellekt i prinyatie reshenii, 3: 95–106.
15. Мельников Г.П. 1978. Системология и языковые аспекты кибернетики. М., Сов. Радио, 368.
- Mel'nikov G.P. 1978. Sistemologiya i yazykovyye aspekty kibernetiki. M., Sov. radio, 368. (in Russian)
16. Прангишвили И.В. 2000. Системный подход и общесистемные закономерности. М., СИНТЕГ, 528.
- Prangishvili I.V. 2000. Sistemnyj podhod i obshhesistemnye zakonomernosti [System approach and system-wide regularities]. M., SINTEG, 528. (in Russian)
17. Садовский В.Н., Юдин Э.Г. 1969. Вступительная статья. В кн.: Исследования по общей теории систем. Сборник переводов. М., Прогресс, 520.
- Sadovskii V.N., Yudin E.G. 1969. Vstupitel'naya stat'ya. V kn.: Issledovaniya po obshchei teorii sistem. Sbornik perevodov. M., Progress, 520. (in Russian)
18. Седов Е.А. 1993. Информационно-энтропийные свойства социальных систем. ОНС, 5: 92–100.
- Sedov E.A. 1993. Informacionno-e'ntropiynye svoystva social'ny'kh sistem. ONS, 5: 92–100. (in Russian)
19. Сетров М.И. 1969. Степень и высота организации систем. В кн.: Системные исследования. Ежегодник. М., Наука, 203.
- Setrov M.I. 1969. Stepen' i vy'sota organizacii sistem. V kn.: Sistemny'e issledovaniya. Ezhegodnik. M., Nauka, 159. (in Russian)
20. Сетров М.И. 1971. Общие принципы организации систем и их методологическое значение. Л., Наука, 120.
- Setrov M.I. 1971. Obshhie principy' organizacii sistem i ikh metodologicheskoe znachenie. L., Nauka, 120. (in Russian)
21. Тахтаджян А.Л. 1971. Тектология: история и проблемы. В кн.: Системные исследования. Ежегодник. М., Наука, 273.
- Taxtadzhyan A.L. 1971. Tektologiya: istoriya i problemy'. V kn.: Sistemny'e issledovaniya. Ezhegodnik. M., Nauka, 273. (in Russian)
22. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. 1982. Системы и модели. М., Радио и связь, 152.
- Shreyder YU.A., Sharov A.A. 1982. Sistemy i modeli. M., Radio i svyaz', 152. (in Russian)
23. Эшби Р.У. 2005. Введение в кибернетику: пер. с англ. под ред. В. А. Успенского. Предисл. А. Н. Колмогорова. Изд. 2-е, стереотипное. М., КомКнига, 432.
- E'shbi R.U. 2005. Vvedenie v kibernetiku: per. s angl. pod red. V. A. Uspenskogo. Predisl. A.N. Kolmogorova. Izd. 2-e, stereotipnoe. M., KomKniga, 432. (in Russian)
24. Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag, 397.
25. Matorin S.I., Zhikharev A.G. 2017. Calculation of the function objects as the systems formal theory basis. Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (ITI'17) (September 14–16, Varna, Bulgaria), Springer International Publishing, (1): 182–191.