

Учет общесистемных закономерностей при концептуальном моделировании понятийных знаний

С. И. Маторин¹, А. Г. Жихарев¹, В. В. Михелев¹

¹ ЗАО «СофтКоннект», г. Белгород, Россия

¹ Национальный исследовательский университет «Белгородский государственный университет», г. Белгород, Россия

Аннотация. В работе обсуждается проблема применения системно-объектной методологии «Узел-Функция-Объект» к концептуальным системам. Проведен сравнительный анализ материальных систем (систем-явлений) и концептуальных систем (систем-классов). Показано, что ряд известных общесистемных закономерностей применим как к системам-явлениям, так и к системам-классам. Дано универсальное определение понятия «система», учитывающее оба вида систем. Предложены варианты формального описания системы-класса с применением аппарата исчисления объектов и дескрипционной логики. Обоснована возможность включения в теорию систем, основанную на системно-объектной методологии, систем-классов наравне с системами-явлениями. Полученные результаты позволяют совершенствовать существующие и создавать новые виды концептуальных моделей понятийных знаний, которые учитывают общесистемные закономерности и отражают системность реальной действительности.

Ключевые слова: системно-объектная методология «Узел-Функция-Объект», представление понятийных знаний, концептуальные системы, системы-классы, системы-явления, общесистемные закономерности.

DOI 10.14357/20718594190302

Введение

Логика развития системных исследований диктует необходимость создания общей или абстрактной теории систем. Однако, на сегодняшний день, такая теория отсутствует. Существующие теоретические построения подвергаются жесткой критике. Критические обсуждения и результаты формирования теории систем можно проследить в многочисленных повторяющихся друг друга публикациях [1-3], в том числе в Интернете [4-7]. Среди прочих недостатков отмечается, что в существующих теоретических построениях не учитываются различные пути проявления системности.

Говоря о системах, как правило, имеют в виду только конкретные материальные объек-

ты, явления. Однако еще в работах [6, 8, 9] обоснована необходимость учета в теории систем не только конкретных материальных объектов, но и концептуальных систем. Например, в работах [6, 8] указывается, что теория систем не может претендовать на то, чтобы быть общей теорией, если она не применима к концептуальным системам, а также подчеркивается, что как раз разработка системных принципов, применимых и к материальным, и к концептуальным системам, является наиболее актуальной задачей для преодоления пропасти, разделяющей естественные и гуманитарные науки.

При этом, согласно Акоффу [8], в зависимости от проявления целостности, как основного признака системности, имеет смысл рассматривать два вида систем: *внутренние* (т.е. «мате-

* Работа поддержана проектами РФФИ №19-07-00290а, № 19-07-00111а, 18-07-00355а, №18-07-00356а, 16-29-12864офи-м.

✉ Маторин Сергей Игоревич E-mail: matorin@softconnect.ru

риальные» по Акоффу) и *внешние* (т.е. «концептуальные» по Акоффу).

Внутренняя система (наш термин: *система-явление*) – это целостное образование (конкретный объект), к которому можно применить процедуры членения, представляя эту систему в виде некоторой структуры составляющих частей. Внешняя система (наш термин: *система-класс*) – это класс объектов общей природы, объединенных некоторой целостной сущностью. Элементы такой системы «могут не обладать ни пространственной, ни временной общностью, ни даже генетической связью... Важна лишь общность природы образующих систему объектов» [9, с. 69].

Имеющиеся в настоящее время описания общесистемных принципов и закономерностей не оговаривают явно, к каким системам эти закономерности относятся. Очевидно, по умолчанию, что имеются в виду системы-явления, так как они используются для описания соответствующих примеров. Таким образом, в интересах теории систем актуальным является исследование особенностей учета общесистемных закономерностей в концептуальных системах. Кроме теоретической задачи существует и практическая задача моделирования знаний, адекватного реальности, используя концептуальные системы. Дело в том, что большая часть знаний, используемых в науке, технике, экономике и бизнесе, представляет собой понятийные знания, для представления которых используются концептуальные модели различного вида. Не трудно предположить, что эти концептуальные модели будут в большей степени соответствовать реальности, если они будут системными, т.е. будут учитывать общесистемные принципы и законы.

Данное исследование является естественным продолжением нашей работы [10].

1. Сравнительный анализ систем-явлений и систем-классов

Для сравнения материальных систем или систем-явлений и концептуальных систем или систем-классов рассмотрим особенности проявления основных принципов системного подхода для различных видов системности – внутреннего («материального») и внешнего («концептуального»).

Принцип целостности. В реальной действительности система-явление проявляет свою целостность всегда как конкретный объект, у которого имеются граничные и качественные свойства [11], характеризующиеся пространственно-временной определенностью (единством) и многоаспектностью. Таким образом, внутренняя система названа «системой-явлением» не случайно, а вполне закономерно, так как представляет собой онтологическое воплощение философской категории «явление».

Целостность системы-класса — это всегда целостность не связанного никакими пространственно-временными ограничениями класса объектов, соответствующих определенному (одноаспектному) качественному свойству [11]. Поэтому внешняя система может быть названа «системой-сущностью», так как представляет собой онтологическое воплощение философской категории «сущность».

Целостность системы-явления может и будет отражаться в сознании человека на уровне восприятия в форме знания текущего целостного конкретного образа, а на уровне представления в форме знания целостного обобщенного образа [12]. Целостность же системы-класса, как класса объектов, может быть отражена только на абстрактном уровне в виде знания соответствующего понятия (знакового образа) [13].

Принцип системности. В реальной действительности и в системе-явлении, и в системе-классе могут быть выделены подсистемы, находящиеся со своей системой в отношении поддержания функциональной способности целого [11]. Эта возможность наряду с целостностью собственно и делает их системами. Однако у системы-явления, как экземпляра конкретного объекта, подсистемами являются компоненты или элементы, также представляющие собой экземпляры конкретных объектов, но более глубокого яруса. У системы-класса, как у класса объектов, подсистемами являются подклассы данного класса.

Особо следует обратить внимание на то, что подсистемы любой системы поддерживают функциональность системы, ее предназначение [11]. Поэтому не любой элемент конкретного объекта или подкласс данного класса объектов представляет собой подсистему данной системы. Корпус, двигатель и ходовая часть являются подсистемами любого конкретного автомобиля, так как обеспечивают выполнение им его

функции. Если же просто разрезать автомобиль на достаточное количество произвольных кусков, то эти элементы автомобиля не будут его подсистемами, так как не существует алгоритма сборки из них функционирующего автомобиля. Аналогично, класс легковых автомобилей и класс грузовых автомобилей являются подсистемами внешней системы автомобильный транспорт, так как обеспечивают ее функциональную целостность. А класс синих автомобилей и класс красных автомобилей не имеют отношения к функциональным свойствам автомобильного транспорта, поэтому подсистемами соответствующей внешней системы не являются.

Отношение поддержания функциональной способности целого между подсистемой-явлением и системой-явлением (или системой и надсистемой) отражается в сознании человека в форме знания об отношении часть-целое. Это же отношение, отражающееся на материале систем-классов (подсистем, надсистем), предстает в сознании человека в форме знания об отношении род-вид. Следовательно, отношения часть-целое и род-вид являются формами знания о существующем в реальной действительности отношении поддержания функциональной способности целого.

В этой связи необходимо подчеркнуть разницу между функционально-системологическим (*эволюционно-содержательным* [14]) подходом, широко используемым в системно-объектной методологии, и традиционным формально-логическим подходом к отношению род-вид. Традиционно виду приписываются все свойства рода, кроме специфических видовых. Однако это справедливо только с позиций формального подхода, при котором не учитывается содержательная сторона данного отношения. Учет же содержательной его стороны, соответствующей отношению поддержания функциональной способности целого, показывает, что вид (подсистема) не может обладать свойствами рода (системы), так как любая система обладает свойствами, принципиально не сводимыми к свойствам подсистем. Свойства рода являются более общими (абстрактными) по сравнению с видовыми свойствами не только в формальном, но и в содержательном смысле. Это свойства более высокого уровня целостности (функциональности), которые обеспечиваются благодаря наличию у видов частных

свойств (частных функций) более низкого уровня иерархии.

Принцип иерархичности. Иерархия систем-явлений образуется за счет физического взаимодействия систем-явлений на каждом ярусе иерархии в пространстве и времени. Связи этих систем (потокосые) возникают благодаря наличию у них экстенциально проявленных свойств, что обеспечивает возможность их восприятия, а также приборного наблюдения. Иерархия же систем-классов есть взаимное соответствие свойств (ролей) систем различных уровней. Причем в данном случае системы связаны между собой интенциально (потенциально) благодаря свойствам, которые остаются непроявленными и принципиально не могут быть наблюдаемы [15].

Указанные различия в проявлении принципа иерархичности систем-явлений и систем-классов приводят к различиям процессов и результатов отражения и познания этих систем. Знания об иерархии систем-явлений имеют образный характер. Это позволяет в качестве результата познавательного процесса иметь паритивную классификацию этих систем или мерономию [16]. Знания об иерархии систем-классов имеют только абстрактный характер. Результат познания этих систем представляет собой родовидовую классификацию или таксономию [16].

Принцип развития. В рамках используемой системно-объектной методологии развитие любых систем есть процесс постоянного соотношения и согласования функционального запроса надсистемы на систему с определенной функциональностью (внешней детерминанты данной системы) с ее текущим фактическим функционированием (с текущей внутренней детерминантой данной системы). Становление, адаптация и развитие системы-явления будут отражаться в сознании человека в форме знания о сокращении избыточности ее свойств и свойств ее подсистем на все более глубоких ярусах иерархии системы, то есть в ее мерономии. Эти же процессы, происходящие с системой-классом, будут отражаться в форме знания об удлинении таксономической цепочки взаимно согласованных подклассов все более глубоких уровней иерархии системы, а также в форме знания об увеличении соответствия свойств их свойств и т.д. Последний аспект

связан с особенностями таксономической структуры систем-классов.

Анализ особенностей проявления основных принципов системного подхода для различных видов системности – внутреннего («материального») и внешнего («концептуального»), а также анализ особенностей отражения систем-явлений и систем-классов в знаниях различной формы показывает, что упомянутые принципы соблюдаются для обоих видов систем. Это, в свою очередь, может служить дополнительным обоснованием правомочности введения в теорию систем, кроме систем-явлений, еще и систем-классов или концептуальных систем.

2. Представление явлений и классов в терминах «Узел-Функция-Объект»

В рамках системно-объектной методологии «Узел-Функция-Объект» изначально представление системы соответствует содержательному определению системы Г.П. Мельниковым как функционального объекта, функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса (т.е. надсистемы) [11]. Очевидно, что это определение ориентировано на системы-явления (материальные системы по Акоффу). Утверждаемая классиками необходимость и показанная нами возможность рассмотрения классов (концептуальных систем по Акоффу) как таких же систем обязывает уточнить упомянутое определение так, чтобы оно учитывало не только системы-явления, но и системы-классы. Специфика реальных систем-классов и отражаемых в сознании человека знаний о них может быть учтена, например, при представлении системы-класса как класса, роль которого обусловлена ролью класса более высокого яруса.

Объединяя представления о системе-явлении и системе-классе, приходим к следующему универсальному определению: *Система есть явление (функциональный/материальный объект) или класс (концептуальная система), функция или роль которого обусловлены функцией явления или ролью класса более высокого яруса (т.е. надсистемой-явлением или надсистемой-классом).*

Представление системы-явления как функционального объекта в терминах системно-объектной методологии «Узел-Функция-Объект» (т.е. в виде УФО-элемента) достаточно очевидно. Непосредственно из определения

следует, что система-явление s всегда есть часть системы-явления более высокого яруса, т.е. надсистемы в рамках некоторой мерономии. Для того, чтобы быть частью, данная система-явление должна быть связана с другими системами этой надсистемы, т.е. у системы-явления должны быть связи (входные $Ls?$ и выходные $Ls!$) и эти связи должны быть потоками. При этом эти функциональные для данной системы-явления потоки являются компонентами надсистемы, так как представляют собой поддерживающие надсистему связи. Следовательно, система-явление s есть перекресток конечного множества связей ($Ls?$ и $Ls!$), т.е. узел us в структуре надсистемы. Для поддержания функциональной способности надсистемы узел системы-явления должен быть сбалансирован, что обеспечивается функциональным соответствием между выходными $Ls?$ и входными $Ls!$ потоками данного узла. Следовательно, система-явление s есть **функция fs** . Реальное балансирование узла, т.е. выполнение процесса, соответствующего функции, осуществляется субстанцией, которая и является функциональным **объектом Os** , обладающим конечным множеством субстанциальных характеристик (см. таблицу).

На основании приведенных рассуждений в полном соответствии с содержательным определением системы как функционального объекта (т.е. системы-явления) систему-явление s , формально можно представить в виде специального объекта исчисления объектов Абди-Кардели, который формально описывает конкретный УФО-элемент [17]:

$$s = [(Ls?, Ls!); fs(Ls?)Ls!; (Os?, Os!, Osf)].$$

В данном выражении в соответствии с правилами упомянутого исчисления $Ls?, Ls!$ – поля для связей, соответствующих узлу системы s ; $Os?, Os!$ – поля для субстанциальных (объектных) интерфейсных характеристик и Osf – для передаточных характеристик, соответствующих объекту системы s . Кроме того, $fs(Ls?)Ls!$ – метод, соответствующий функции системы s .

Учитывая процесс формирования системы в соответствии с функциональным запросом надсистемы в виде функционального узла, можно уточнить формальное выражение для системы-явления s следующим образом:

$$s = [us \Rightarrow fs \Rightarrow Os] \text{ и} \\ s = [(Ls?, Ls!) \Rightarrow fs(Ls?)Ls! \Rightarrow (Os?, Os!, Osf)].$$

Представление явлений и классов в терминах «Узел-Функция-Объект»

	Система-явление s	Система-класс S (конкретная)			Система-класс S (абстрактная)
Узел	$us \leftrightarrow Ls? \cup Ls!$ $Ls?$ – множество входящих функциональных связей/потоков системы s ; $Ls!$ – множество выходящим функциональных связей/потоков системы s .	$uS \leftrightarrow LS? \cup LS!$ $LS?$ – множество входящих функциональных связей/потоков системы S ; $LS!$ – множество выходящим функциональных связей/потоков системы S .	$uS \leftrightarrow LS? \cup LS!$ $LS?$ – множество входящих функциональных связей/потоков системы S ; $LS!$ – множество выходящим функциональных связей/потоков системы S .	$US \leftrightarrow LS? \cup LS!$ $LS?$ – класс входящих функциональных связей/потоков системы S ; $LS!$ – класс выходящим функциональных связей/потоков системы S .	$US^i = S^{i-1}$ S^{i-1} – система-класс более высокого яруса иерархии, чем система-класс S^i .
Функция	$fs(Ls?)Ls!$ fs – функция/процесс системы s с областью определения $Ls?$ и областью значений $Ls!$.	$fS(LS?)LS!$ fS – функция/процесс системы S с областью определения $LS?$ и областью значений $LS!$.	$FS(LS?)LS!$ FS – класс функций/процессов системы S с областью определения $LS?$ и областью значений $LS!$.	$FS(LS?)LS!$ FS – класс функций/процессов системы S с областью определения $LS?$ и областью значений $LS!$.	$FS^i = \exists R.S^i$ $R.S^i$ – роль системы-класса S^i в системе-классе S^{i-1} , т.е. $R.S^i \subset R.S^{i-1}$
Объект	$Os=Os? \cup Os! \cup OSf$ $Os?$ – множество интерфейсных входных характеристик системы s ; $Os!$ – множество интерфейсных выходных характеристик системы s ; OSf – множество передаточных характеристик системы s .	$OS=OS? \cup OS! \cup OSf$ $OS?$ – класс интерфейсных входных характеристик системы S ; $OS!$ – класс интерфейсных выходных характеристик системы S ; OSf – класс передаточных характеристик системы S .	$OS=OS? \cup OS! \cup OSf$ $OS?$ – класс интерфейсных входных характеристик системы S ; $OS!$ – класс интерфейсных выходных характеристик системы S ; OSf – класс передаточных характеристик системы S .	$OS=OS? \cup OS! \cup OSf$ $OS?$ – класс интерфейсных входных характеристик системы S ; $OS!$ – класс интерфейсных выходных характеристик системы S ; OSf – класс передаточных характеристик системы S .	-

Представление системы-класса в терминах «Узел-Функция-Объект» (т.е. в виде УФО-элемента) не столь очевидно. Однако системно-объектная методология «Узел-Функция-Объект» предоставляет такую возможность.

Во-первых, если в выражении для специального объекта исчисления объектов указать в полях для субстанциальных характеристик не конечные множества, а классы (см. таблицу), то это выражение будет формально описывать уже не конкретный УФО-элемент, а класс таких элементов, т.е. систему-класс:

$S = [(LS?, LS!); fS(LS?)LS!; (OS?, OS!, OSf)]$.
При этом будут справедливы следующие выражения:

$$S = [uS \Rightarrow fS \Rightarrow OS] \text{ и}$$

$$S = [(LS?, LS!) \Rightarrow fS(LS?)LS! \Rightarrow (OS?, OS!, OSf)].$$

Во-вторых, если в выражении для специального объекта исчисления объектов указать первое и дополнительно указать в методе не конкретную функцию, а класс функций (см.

таблицу), то это выражение будет формально описывать также не конкретный УФО-элемент, а класс таких элементов, т.е. систему-класс:

$S = [(LS?, LS!); FS(LS?)LS!; (OS?, OS!, OSf)]$.
При этом будут справедливы следующие выражения:

$$S = [uS \Rightarrow FS \Rightarrow OS] \text{ и}$$

$$S = [(LS?, LS!) \Rightarrow FS(LS?)LS! \Rightarrow (OS?, OS!, OSf)].$$

В-третьих, если в выражении для специального объекта исчисления объектов указать первое, второе и дополнительно указать в полях для связей узла не конкретные множества, а классы (см. таблицу), то это выражение будет формально описывать также не конкретный УФО-элемент, а класс таких элементов, т.е. систему-класс:

$S = [(LS?, LS!); FS(LS?)LS!; (OS?, OS!, OSf)]$.
При этом будут справедливы следующие выражения:

$$S = [US \Rightarrow FS \Rightarrow OS] \text{ и}$$

$$S = [(LS?, LS!) \Rightarrow FS(LS?)LS! \Rightarrow (OS?, OS!, OSf)].$$

Приведенные выше выражения для систем-классов в виде специального объекта исчисления объектов Абади-Кардели соответствуют представлению УФО-элемента в виде класса в объектно-ориентированном языке UML [18], но не любого класса, а так называемого *конкретного класса*, т.е. такого класса, который не имеет подклассов и состоит из экземпляров (систем-явлений). В рамках наивной теории множеств такой класс, по сути дела, неотличим от множества. Но объектно-ориентированный подход рассматривает еще и так называемые *абстрактные классы*, которые состоят из подклассов (т.е. из других систем-классов), а не экземпляров. В рамках аксиоматической теории множеств такие классы отличают от множеств и называют собственными классами.

Учитывая структурную и функциональную специфику концептуальных систем (систем-классов), соответствующих абстрактным классам, а также независимость их от субстанциальных характеристик, получаем другой способ их формального описания (см. таблицу).

Структурно система-класс также имеет связь, но в рамках таксономии. У любой системы-класса существует связь к системе-классу более высокого яруса иерархии (обобщение, от вида к роду, т.е. к надсистеме), которую можно рассматривать как связь функциональную, так как для надсистемы-класса она будет поддерживающей. Связи рассматриваемой системы-класса с подклассами (конкретизация, от рода к видам) можно рассматривать как поддерживающие для данной системы-класса. Таким образом, систему-класс S^i можно рассматривать как узел US^i в структуре надсистемы-класса S^{i-1} .

Системы-явления, поддерживая надсистему-явление, связаны между собой потоками, которые образуют узлы как наборы функциональных связей (потоков). По аналогии с системами-явлениями узел системы-класса S^i как набор функциональных связей, можно обозначить как систему-класс более высокого уровня иерархии: $US^i = S^{i-1}$, так как все системы-класса данного уровня иерархии связаны между собой через систему-класс верхнего уровня, т.е. через их надсистему. Поддержание функциональной способности надсистемы-класса S^{i-1} обеспечивается конкретной функциональной ролью (функцией FS^i) системы-класса S^i , которая вместе с другими системами i -го уровня формирует функциональную роль надсистемы-

класса S^{i-1} . Субстанциальная характеристика, т.е. объект у системы-класса (абстрактного класса), естественно, отсутствует (см. таблицу).

Данные рассуждения позволяют предложить формальное описание системы-класса S^i как класса, роль которого обусловлена ролью класса более высокого яруса, в виде другого специального объекта исчисления объектов с использованием обозначений, принятых в дескрипционной логике: $\forall S^i \exists RS^i$ и $S^i = [S^{i-1}; RS^i \subset RS^{i-1}]$. В данном выражении в соответствии с правилами исчисления объектов Абади-Кардели S^{i-1} – поле для указания на систему-класс более высокого яруса иерархии, соответствующее узлу US^i системы S^i ; $RS^i \subset RS^{i-1}$ – метод, соответствующий роли (функции FS^i) системы S^i в надсистеме S^{i-1} . Примечательно, что данное выражение соответствует по своей структуре родовидовому определению понятия, представляющего систему-класс. Учитывая процесс формирования системы в соответствии с функциональным запросом надсистемы в виде функционального узла, можно уточнить формальное выражение для системы-класса следующим образом: $S^i = [US^i \Rightarrow FS^i]$ и $S^i = [S^{i-1} \Rightarrow RS^{i-1} \Rightarrow R.S^i]$.

3. Общесистемные закономерности, связанные со структурными характеристиками систем-классов

Используя полученные содержательные и формальные представления, рассмотрим далее возможности учета общесистемных закономерностей при моделировании знаний с помощью концептуальных систем или систем-классов.

Используя полученные содержательные и формальные представления, обсудим возможности учета общесистемных закономерностей при моделировании знаний с помощью концептуальных систем или систем-классов. Именно структурные (узловые) характеристики системы-класса являются универсальным системообразующим фактором в рамках системно-объектной методологии.

Из содержательного определения системы-класса и представления системы-класса в виде $S^i = [S^{i-1}; R.S^{i-1} \supset R.S^i]$ следует очевидное выполнение *принципа коммуникативности* (система связана множеством коммуникаций с окружающей средой) и *принципа иерархичности* (система на любом ярусе иерархии явля-

ется частью системы более высокого яруса, т.е. надсистемы): $\forall S^i \exists US^i: US^i \leftrightarrow S^{i-1}$ и $\forall US^i \exists S^{i-1}: S^{i-1} \supset S^i$. При этом принцип иерархичности работоспособен только при выполнении принципа коммуникативности, что хорошо согласуется с содержательной трактовкой этих принципов в терминах системно-объектного методологии [19].

Выполнение принципа иерархичности приводит к выполнению **принципа моноцентризма** (по Богданову: *устойчивая система обладает одним центром*). С точки же зрения авторов, данный принцип можно и нужно понимать более широко (см. работу [20]), особенно если речь идет о системах-классах. Тем самым *иерархия систем-классов имеет одну единственную вершину* или $\forall S^i \exists! US^*: S^* \supset \dots S^{i-1} \supset S^i$.

Исследование иерархии систем-классов (внешних систем) от некоторой системы в сторону цепочки все более общих надсистем (от вида к роду) показывает, что такая иерархия имеет естественное ограничение. Это ограничение связано с тем, что при переходе по иерархии от вида к роду (от подкласса к классу) происходит переход от свойства подсистемы к свойству системы (несводимому к свойствам подсистем) в сторону обобщения, т.е. с сокращением множества признаков (свойств), за счет которых системы-явления относятся к данному классу. Множество же систем-явлений, входящих в класс будет больше, чем множество систем-явлений, входящих в подкласс. Этот процесс соответствует закону обратного отношения объема и содержания понятий, в которых отражаются в нашем сознании системы-классы [13], т.е. с увеличением объема содержания уменьшается. Для самих систем-классов это соответствует уменьшению набора признаков, за счет которого формируется система-класс, при увеличении множества явлений, относящихся к данному классу. При этом, однако, из-за конечности набора признаков [20] увеличение объема и сокращение числа признаков приводит за конечное число шагов к такому классу, объем которого становится бесконечно большим, а для отнесения к классу не остается признаков.

Итак, рассматривая иерархическую структуру систем-классов, можно прийти к выводу, что эта структура имеет единственный верхний узел, то есть, существует единственная Надсистема-класс. Если предположить обратное: надсистема не является единственной и имеет еще хотя бы одна система-класс того же

уровня, то эти системы можно считать элементами системы более высокого уровня. Таким образом, Надсистема-класс, включающая в себя все виды систем-классов, все равно, является единственной.

Расширенное понимание принципа моноцентризма приводит к выполнению **принципа организационной непрерывности** (*констатирующего факт наличия между всякими двумя системами звеньев, вводящих их в одну «цепь ингрессии»*), что доказано нами для систем-явлений в работе [10], а для систем-классов совершенно очевидно: $\forall US^i \wedge US^j \exists S^k: (S^k \supset S^i) \wedge (S^k \supset S^j) \Leftrightarrow \forall S^i \exists! US^*$. Таким образом, принцип организационной непрерывности соблюдается только в случае выполнения принципа моноцентризма.

Для обоснования выполнения **принципа обратной связи** (*объясняющего устойчивость в сложных динамических системах замыканием петель обратных связей*) в рамках систем-классов необходимо рассмотреть особенности динамики таких систем. К динамическим явлениям в системах-классах можно отнести следующие процессы (первые из них будем называть «адаптационными», а вторые – «эволюционными»):

- изменения ролей (функций) классов в классах более высокого яруса иерархии;
- возникновение новых классов в классах более высокого яруса иерархии.

Примеры таких процессов можно увидеть, анализируя процессы изменения свойств видов и свойств продуктов и товаров, например, автомобилей в соответствии с изменяющимися потребностями людей. При этом процессы совершенствования существующих видов продуктов и товаров, в конце концов, приводят к появлению новых видов (систем-классов) продуктов и товаров. Например, возникновение нового класса автомобилей (карьерный самосвал, автомобиль-дача и т.п.) для перевозки специфических видов грузов в соответствии с функциональным запросом системы-класса «автомобильный транспорт», адаптирующегося к изменяющимся запросам человеческого сообщества.

Такие же процессы изменения свойств видов и появления новых видов (классов) можно проследить на примерах адаптации и эволюции биологических систем, т.е. видов этих систем. Например, возникновение новых видов домашней птицы (индоутка и т.п.) в соответствии с функциональным запросом системы-класса

«домашняя птица», адаптирующегося к изменяющимся запросам потребителей.

Упомянутые адаптационные и эволюционные процессы обусловлены согласованием, с одной стороны, функционального запроса системы-класса более высокого яруса иерархии к системе-классу нижнего яруса и, с другой стороны, отношения поддержания функциональной способности системы-класса более высокого яруса со стороны системы класса нижнего яруса. Таким образом, любая система-класс существует в условиях постоянно действующих обратных связей. При этом, естественно, принцип обратной связи работоспособен только при выполнении принципов коммуникативности и иерархичности, а его формальное выражение совпадает с выражением для последнего: $\forall US^i \exists S^{i-1}: S^{i-1} \supset S^i$.

Для обоснования выполнения в рамках систем-классов **принципа прогрессирующей сегрегации** (фиксирующей прогрессирующую потерю взаимодействия между элементами системы в ходе ее дифференциации при усилении связей с некоторым элементом, выступающим в роли системного центра) рассмотрим, что представляет собой дифференциация системы-класса.

Дифференциация (по Г. Спенсеру, который первым ввел это понятие) – это разделение в процессе эволюции однородной системы (биологические организмы, представители определенной профессии и т.п.) на две или несколько групп, отличающиеся по своим параметрам. Подобное дробление может иметь несколько иерархических уровней. Для системы-класса это означает образование (объединение) из множества видовых по отношению к данному классу систем одной или нескольких систем-классов нижнего яруса иерархии по сравнению с данным уровнем (подсистем-классов): $\exists S^i: S^i \supset (S_j^i \cup S_{j+1}^i \cup \dots \cup S_{j+k}^i \cup \dots \cup S_{j+n}^i) : (S_{j+k}^i \cup \dots \cup S_{j+n-p}^i) \subset S^{i+1}$. При этом ролевые связи видовых систем ($S_{j+k}^i, \dots, S_{j+n-p}^i$), образующих подсистему-класс S^{i+1} , с системой-классом S^i ослабевают, но усиливаются связи с данной подсистемой S^{i+1} . Примеры действия данного принципа соответствуют примерам, приведенным при обсуждении принципа обратной связи. Принцип прогрессирующей сегрегации в рамках систем-классов выполняется при выполнении принципа иерархичности.

Выполнение принципов иерархичности и обратной связи приводит к выполнению **принципа внешнего дополнения** (фиксирующему тот факт, что восходящие к системному

центру воздействия координируемых элементов подвергаются своеобразному «обобщению», а нисходящие от системного центра координационные импульсы подвергаются «специфицированию» в зависимости от характера локальных процессов за счет обратных связей от этих процессов). В упрощенном виде данный принцип может быть сформулирован следующим образом: «Любой элемент системной иерархии обладает функцией обобщения информации от нижележащих элементов для вышестоящих элементов и функцией специализации информации от элементов верхнего яруса иерархии для элементов нижнего яруса» [19]. При этом, очевидно, что в этом и состоит суть родовидовых отношений в иерархии систем-классов (таксономии): $\dots \supset S^{i-k} \supset \dots \supset S^{i-1} \supset S^i \supset S^{i+1} \supset \dots \supset S^{i+n} \supset \dots$. Таким образом, принцип внешнего дополнения в иерархии систем-классов выполняется естественным образом.

Принцип взаимно-дополнительных соотношений/комплиментарности (устойчивость системы достигается взаимно-дополнительными связями между её элементами в виде замкнутых контуров обратных связей) работоспособен в рамках систем-классов при выполнении принципа обратной связи. По сути дела, это один и тот же принцип. Дело в том, что в иерархии систем-классов каждая система связана с другими системами двумя видами взаимно-дополнительных отношений: обобщение (от S^i к S^{i-1}) и специализация (от S^{i-1} к S^i), т.е. системы-классы существуют в замкнутых контурах обратных связей: $\exists S^i: S^i \subset S^{i-1} \wedge S^{i-1} \supset S^i$. При этом первая связь соответствует отношению поддержания функциональной способности надсистемы-класса со стороны системы-класса, а вторая – функциональному запросу надсистемы-класса на систему-класс с определенной ролью.

4. Общесистемные закономерности, связанные с функциональными характеристиками систем-классов

Рассмотрим теперь закономерности, связанные с функциональными характеристиками систем-классов, которые в рамках системно-объектного подхода являются следствием узловых.

Системно-объектная методология предполагает, что главной составляющей среды, окружающей систему, является ее надсистема неза-

висимо от пути проявления системности [21]. Эта надсистема «отображает» свою функциональность на функциональность системы с помощью функционального запроса на систему с определенной функцией (внешней детерминанты) и, таким образом, система своим функционированием (внутренней детерминантой) «отражает» некоторые функциональные (т.е. самые существенные) свойства своей надсистемы. Таким образом, системно-объектная методология предполагает, что **гипотеза семиотической непрерывности** (утверждающая, что система есть образ её среды, т.е. система как элемент окружающей среды отражает некоторые существенные ее свойства) является справедливой как для систем-явлений [10], так и для систем-классов. При этом для последних функциональный запрос надсистемы (внешняя детерминанта системы) представляет собой не набор связей запрашиваемой системы с другими системами, как для систем-явлений, а представляет собой роль системы-класса верхнего уровня, требующую поддержки со стороны системы-класса нижнего уровня: $R.S^{i-1} \Rightarrow R.S^i$ и $R.S^{i-1} \supset R.S^i$. Таким образом, семиотическая непрерывность является следствием иерархичности систем-классов.

Такое понимание семиотической непрерывности естественным образом обеспечивает выполнение **принципа прогрессирующей механизации** (утверждающего, что части системы в ходе ее развития специализируются или становятся фиксированными по отношению к определенным функциям или механизмам) как для систем-явлений, так и для систем-классов. И в том и в другом случае, как части системы-явления, так и виды системы-класса приобретают свою функциональность или роль под влиянием соответствующей надсистемы, что и обеспечивает их определенную специализацию.

Таким же образом обеспечивается выполнение **принципа актуализации функций** (объект выступает как организованный лишь в том случае, если свойства его частей (элементов) проявляются как функции сохранения и развития этого объекта). Как в рамках систем-явлений, так и в рамках систем-классов принцип актуализации функций и принцип прогрессирующей механизации описывают одно и то же явление функционального соответствия систем разного уровня иерархии, но с разных сторон. Прогрессирующая механизация описы-

вает соответствие систем сверху вниз (от надсистемы к системе; внешняя детерминанта), актуализация функций – снизу вверх (от системы к надсистеме; поддержание функциональной способности более целого). Соответственно данный принцип работает только при выполнении предыдущего, так как существование любой системы-класса обусловлено запросом надсистемы-класса на систему-класс с определенной ролью в данной надсистеме.

Выполнение принципа прогрессирующей механизации обеспечивает выполнение **принципа самоорганизации** (процесс поступательной функционализации элементов системы), так как, по сути дела, оба принципа описывают один и тот же процесс адаптации системы к запросу надсистемы и для систем-явлений, и для систем-классов.

Закон иерархических компенсаций (в системе рост разнообразия на верхнем уровне иерархии обеспечивается его ограничением на более низких уровнях) уточняет действие принципа прогрессирующей механизации с учетом влияния принципа внешнего дополнения, так как естественным образом учитывает суть родовидовых отношений в иерархии систем-классов (таксономии): $\dots \supset S^{i-k} \supset \dots \supset S^{i-1} \supset S^i \supset S^{i+1} \supset \dots \supset S^{i+n} \supset \dots$

Следствием закона иерархических компенсаций является **закон необходимого разнообразия** (для создания системы, способной справиться с решением проблемы, обладающей определенным разнообразием, необходимо обеспечить, чтобы система имела большее разнообразие возможностей, чем разнообразие решаемой проблемы), так как для обеспечения необходимого разнообразия используется механизм иерархических компенсаций. Эти две закономерности соотносятся друг с другом также как принципы прогрессирующей механизации и актуализации функций.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что основные известные общесистемные закономерности (структурные и функциональные) выполняются как для систем-явлений, так и для систем-классов. Поэтому в теорию систем, основанную на системно-объектной методологии, естественным образом могут быть включены и материальные, и концептуальные системы. Дан-

ные рассуждения можно также рассматривать как дополнительные аргументы в пользу реального существования концептуальных систем, которое обосновано другими средствами, например, в работе [15].

С практической точки зрения соответствие иерархии систем-классов общесистемным закономерностям требует их учета при моделировании понятийных знаний для обеспечения адекватности концептуальных моделей этих знаний, которые тем самым становятся моделями, отражающими системность реальной действительности.

Полученные результаты позволяют совершенствовать существующие и создавать новые классификаторы (классификационные системы), представляющие собой важный вид концептуальных моделей понятийных знаний.

Литература

1. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 848с.
2. Волкова В.Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ /. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2015. — 616с.
3. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. - М.: СИНТЕГ, 2000. - 528с.
4. Общая теория систем [Электронный ресурс]. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем (20.04.2019).
5. Безматерных В.Н. Что такое системный подход? Зачем он нужен? Алексеев П.В., Чернавский Д.С. и Винограй Э.Г. о системном подходе [Электронный ресурс]. - URL: <https://docplayer.ru/34938971-Chto-takoe-sistemnyy-podhod-zachem-on-nuzhen-alekseev-p-v-chemavskiy-d-s-i-vinogray-e-g-o-sistemnom-podhode.html>.
6. Дубровский В.Я. К разработке системных принципов: общая теория систем и альтернативный подход [Электронный ресурс]. - URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/6566>.
7. Мельник М.С. Формирование общей теории систем: результаты и проблемы исследования [Электронный ресурс]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obschey-teorii-sistem-rezultaty-i-problemy-issledovaniya>.
8. Ackoff R. L. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science. // In Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology. - 1964.
9. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. - М.: Радио и связь, 1982. - 152с.
10. Маторин С.И., Жихарев А.Г. Учет общесистемных закономерностей при системно-объектном моделировании организационных знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2018.- №3.- С. 115-126.
11. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики. - М.: Сов. радио, 1978. - 368с.
12. Соловьев А.В. Экспериментальное исследование психологических механизмов формирования понятий: Автореф. дис. ... канд. пед. наук / Моск. гос. пед. ин-т.- М.: 1973. - 20с.
13. Кондаков, Н.И. Логический словарь-справочник. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 721с.
14. Косарев Ю.Г. Вступительная статья // Системология и языковые аспекты кибернетики / Г.П. Мельников. - М.: Сов. радио, 1978.
15. Пугачев Н.Н. Теория, онтология и реальность. - Воронеж: Изд-во Воронежск. Ун-та, 1991. - 144с.
16. Панова Н.С., Шрейдер Ю.А. Принцип двойственности в теории классификации // НТИ. Сер. 2. - 1975. - N10. - С. 1-8.
17. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. О системно-объектном методе представления организационных знаний // Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика. - 2013. - №8(151). - Выпуск №26/1. - С. 137-146.
18. Маторин С.И. О новом методе системологического анализа, согласованном с процедурой объектно-ориентированного проектирования. Часть 2 // Кибернетика и системный анализ. - 2002. - №1. - С.118-130.
19. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» // Труды ИСА РАН. - 2016. - №1. - Том 66. - С. 10-17.
20. Маторин С.И., Соловьева Е.А. Детерминантная модель системы и системологический анализ принципов детерминизма и бесконечности мира // НТИ. Сер. 2. - 1996. - N8. - С. 1-8.
21. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. Обоснование взаимосвязей общесистемных принципов и закономерностей с позиции системно-объектного подхода // Труды ИСА РАН. - 2017. - №3. - Том 67. - С. 54-63.

Accounting for System-Wide Patterns in Conceptual Modeling of Conceptual Knowledge

S. I. Matorin^I, A. G. Zhikharev^{II}, V. V. Mikhelev^{II}

^I"SoftConnect" CJSC, Belgorod, Russia

^{II}National Research University "Belgorod State University", Belgorod, Russia

Abstract. The paper discusses the problem of applying the node-function-object system-object methodology to conceptual systems. A comparative analysis of material systems (systems-phenomena) and

conceptual systems (systems-classes) has been carried out. It is shown that a number of well-known system-wide regularities are applicable both to systems-phenomena and systems-classes. Given the universal definition of the concept of "system", taking into account both types of systems. Variants of the formal description of the system-class using the apparatus of calculus of objects and description logic are proposed. The possibility of including systems-classes in the theory of systems based on the system-object methodology on a par with systems-phenomena is substantiated. The results obtained allow us to improve existing and create new types of conceptual models of conceptual knowledge that take into account system-wide patterns and reflect the consistency of reality.

Keywords: system-object methodology "Node-Function-Object", the presentation of conceptual knowledge, conceptual systems, systems-classes, systems-phenomena, system-wide regularities.

DOI 10.14357/20718594190302

References

- Volkova V.N. 2006. Teoriya sistem i sistemnyj analiz v upravlenii organizatsiyami: Spravochnik [System Theory and Systems Analysis in the Management of Organizations: Handbook]. M.: Finansy i statistika. 848.
- Volkova V.N., Denisov A. A. 2015. Teoriya sistem i sistemnyj analiz [System Theory and Systems Analysis]. M.: Izdatel'stvo YUrajt. 616.
- Prangishvili I.V. 2000. Sistemnyj podhod i obshhesistemnye zakonomernosti [System approach and system-wide regularities]. M.: SINTEG. 528.
- Obshhaya teoriya sistem [General theory of systems]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем (accessed April 20, 2019).
- Bezmaternyh V.N. Chto takoe sistemnyj podhod? Zachem on nuzhen? Alekseev P.V., Chernavskij D.S. i Vinograj E.H.G. o sistemnom podhode [What is a systematic approach? Why is it needed? Alekseev P.V., Chernavsky D.S. and Vinograj E.H.G. about the systems approach]. Available at: <https://docplayer.ru/34938971-Chto-takoe-sistemnyj-podhod-zachem-on-nuzhen-alekseev-p-v-chernavskiy-d-s-i-vinograj-e-g-o-sistemnom-podhode.html>. (accessed April 18, 2019).
- Dubrovskij V.YA. K razrabotke sistemnykh principov: obshchaya teoriya sistem i al'ternativnyj podhod [On the development of system principles: general system theory and an alternative approach]. Available at: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/6566>. (accessed April 11, 2019).
- Mel'nik M.S. Formirovanie obshchej teorii sistem: rezul'taty i problemy issledovaniya [Formation of a general theory of systems: results and problems of research]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obschey-teorii-sistem-rezultaty-i-problemy-issledovaniya>. (accessed April 19, 2019).
- Ackoff R. L. 1964. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science. // In Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology. 51-60.
- SHrejder YU.A., SHarov A.A. 1982. Sistemy i modeli [Systems and models]. M.: Radio i svyaz'. 152.
- Matorin S.I., ZHiharev A.G. 2018. Uchet obshchesistemnykh zakonomernostej pri sistemno-ob'ektnom modelirovanii organizatsionnykh znaniy [Accounting for system-wide laws in system-object modeling of organizational knowledge]. *Iskusstvennyj intellekt i prinyatie reshenij* [Artificial Intelligence and Decision Making]. 3: 115-126.
- Mel'nikov G.P. 1978. Sistemologiya i yazykovyye aspekty kibernetiki [Systemology and language aspects of cybernetics]. M.: Sov. Radio. 368.
- Solov'ev A.V. 1973. EHKsperimental'noe issledovanie psihologicheskikh mekhanizmov formirovaniya ponyatij [Experimental study of the psychological mechanisms of the formation of concepts]. PhD Thesis. Moscow: Mosk. Gos. ped. in-t. 20p.
- Kondakov, N.I. 2012. Logicheskij slovar'-spravochnik [Logical dictionary reference]. M.: Kniga po Trebovaniyu. 721.
- Kosarev YU.G. 1978. Vstupitel'naya stat'ya [Introductory article] // Sistemologiya i yazykovyye aspekty kibernetiki [Systemology and language aspects of cybernetics]. G.P. Mel'nikov. M.: Sov. Radio.
- Pugachev N.N. 1991. Teoriya, ontologiya i real'nost' [Theory, ontology and reality]. Voronezh: Izd-vo Voronezhsk. Un-ta. 144.
- Panova N.S., SHrejder YU.A. 1975. Princip dvoystvennosti v teorii klassifikacii [Duality principle in classification theory]. NTI. Ser. 2 [Scientific and technical information. Series 2]. 10: 1-8.
- Zhikharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. 2013. O sistemno-ob'ektnom metode predstavleniya organizatsionnykh znaniy [On the system-object method of representing organizational knowledge]. *Nauchnye ведомosti BelGU. Ser. Informatika* [Scientific bulletins of the Belgorod State University. Informatics series]. 8(26): 137-146.
- Matorin S.I. 2002. O novom metode sistemologicheskogo analiza, soglasovannom s proceduroj ob'ektno-orientirovannogo proektirovaniya. CHast' 2 [On the new method of systemological analysis, consistent with the procedure of object-oriented design. Part 2]. *Kibernetika i sistemnyj analiz* [Cybernetics and Systems Analysis]. 1: 118-130.
- Matorin S.I., Zimovec O.A., ZHiharev A.G. 2016. Obshhesistemnye principy v terminah sistemno-ob'ektnogo podhoda «Uzel-Funkcija-Ob'ekt» [System-wide principles in terms of the system-object approach "Node-Function-Object"]. *Trudy ISA RAN* [Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences]. 1(66): 10-17.

20. Matorin S.I., Solov'eva E.A. 1996. Determinantnaya model' sistemy' i sistemologicheskiy analiz principov determinizma i beskonechnosti mira [The determinant model of the system and the systemological analysis of the principles of determinism and the infinity of the world]. NTI. Ser. 2 [Scientific and technical information. Series 2]. 8: 1-8.
21. Matorin S.I., Zhikharev A.G., Zimovets O.A. 2017. Obosnovanie vzaimosvyazei obshchesistemnykh printsipov i zakonornostei s pozitsii sistemno-ob"ektnogo podkhoda [Substantiation of the interrelationships of system-wide principles and regularities from the standpoint of a systematic, object-oriented approach]. Trudy ISA RAN [Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences] 3(67): 54-63.