УДК 004.832:
681.5

В.В. Куприянов

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМНЫХ ЗАДАЧ

Определены роль иерархии системности и системной методологии в научном исследовании. Рассмотрены сферы взаимодействия для решения системных задач. Приведена классификация систем с использованием современных принципов системологии и дается ее поэтапное объяснение. Даны новые понятия терминов «система» и «большая система». Предложены к рассмотрению различные варианты их определений и возможности использования данных понятий.

Ключевые слова: система, системологи, иерархия системности, сферы взаимодействия, процесс проектирования, синтаксис, семантика, прагматика, концептуальное исследование.

Рассмотрим иерархию системности, показанную на рис. 1 [1, 3].

Системность среды I, окружающей человека, включает в себя системность окружающей среды; системность человеческого общества; системность взаимодействия человека со средой, ведущей к возникновению проблем при проектировании и исследовании.

Системность познавательной деятельности II включает анализ и синтез; диалектичность; системность результатов познания (духовная культура, модели).

Системность практической деятельности III состоит из целенаправленности, алгоритмичности и системности результатов деятельности в технике и материальной культуре. Исследование систем на практике увязывается в один технологический процесс, структура и содержание которого определяется при-

Рис. 1. Составляющие системности

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 6. С. 203–211.
© 2016. В.В. Куприянов.

веденными ниже этапами. Исследование систем основывается на достижениях современных математических методов, учитывает сферы взаимодействия со средой и все виды ресурсных ограничений. Данное исследование включает этапы семантики, синтаксиса и прагматики.

1. *Семантика* – (semanticos – греч. – обозначающая) включает в себя принципы и свойства системного подхода, а также базовые понятия, включающие:

а) континуальные понятия: материя, пространство, время, отражение;

б) структуры – комплекс, система, элемент, граница, среда;

с) процессы взаимодействия, обмена;

д) свойства структур и процессов.

Кроме того, в семантику входят модели, такие как имитационные, статистические, динамические, эволюционные.

2. *Синтаксис* включает в себя механизмы решения системных задач, которые состоят из механизмов моделирования (исследование статических и динамических свойств); механизмов синтеза вариантов (мозговой штурм, метод Делфи, стохастическая генерация, комбинаторые методы); механизмов оценивания (идентификация и распознавание образов, проверка статистических гипотез, оценка эффективности); механизмов принятия решений (скалярная оптимизация; методы субъективных измерений; методы принятия решений в условиях определенности, неопределенности, риска; теория игр; семантические сети; продукционные методы; методы, основанные на фреймах; методы оптимизации; векторная оптимизация; включая методы Парето, минимаксные методы, метод свертки критериев, метод анализа иерархий, метод функции предпочтения, метод разумных целей и т.д.). Также синтаксис включает методы реализации системных решений, состоящие из планирования, организации и контроля реализации системных решений.

3. *Прагматика* включает в себя проблематику, возникающую при снятии конфликта между проектируемой системой и средой; задачи, возникающие при решении проблемы, их анализ, синтез и реализация; методы оценки выходных показателей и критериев; методы управления планированием, организацией и контролем.

Структура процесса проектирования или исследования с учетом сказанного выше может быть представлена в виде технологического процесса, приведенного на рис. 2. Схема, показанная на рис. 2, является универсальной и не зависит от вида

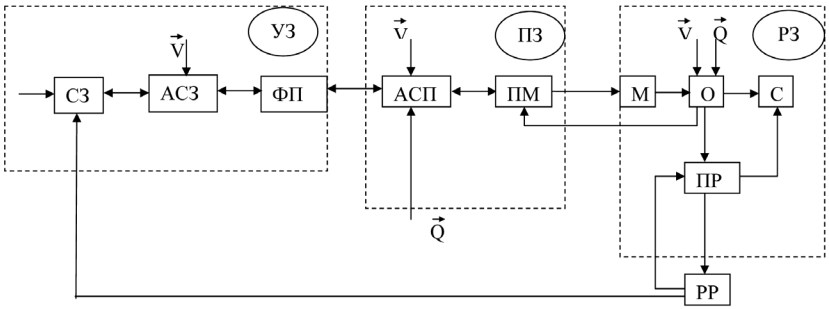

Рис. 2. Схема процесса проектирования или исследования: УЗ, ПЗ, РЗ – уяснение, постановка, решение задачи соответственно; СЗ – среда задачи; АСЗ – анализ среды задачи; ФП – формулирование проблемы; АСП – анализ проблемы/проблем; ПМ – построение модели; М – моделирование; О – оценка результатов моделирования; С – синтез возможных вариантов; ПР – принятие решения; РР – реализация решения; $\vec{V}$ – вектор воздействия среды; $\vec{Q}$ – вектор критериев.

исследуемой или проектируемой системы. В каждом конкретном случае могут меняться векторы , а также воплощение этапов, зависящее от применения тех или иных методов синтаксиса и прагматики.

Проблемы, возникающие в процессе проектирования систем любого класса, определяются в процессе взаимодействия со средой. Однако среда не является чем-то единым, а состоит из множества сфер, влияющих на систему одновременно. Принято рассматривать семь основных сфер, с которыми соприкасается человек. Каждая сфера подчиняется своим законам и принципам поведения, которые регулируют процессы обмена с проектируемой системой. Проекция системы в определенную сферу создает ситуацию. Тогда этап уяснения задачи состоит в выяснении, какие ситуации могут возникнуть, и как их парировать в процессе проектирования. Общих процедур решения этой задачи в настоящее время не существует и поэтому процесс проектирования во многом зависит от интуиции и опыта лиц, осуществляющих проектирование и, от набора средств и методов, которыми они располагают.

Рассмотрим каждую из сфер.

1. Физическая сфера представляет собой установившееся в глобальных масштабах движение, но должны быть учтены локальные изменения, зависящие от географического расположения проектируемой системы и характерных воздействий. Всеобщая информационная связь присуща всей физической

сфере, поэтому воздействия в ней влияют и на поведение системы в других сферах.

2. Биосфера. Исследования показали запрограммированность биологической жизни нашей планеты. Например, генетическая программа, заложенная в ДНК, едина для всего живого (в том числе и растений). Разнообразие же вызвано действием разных или несовпадающих участков генетических программ. Биосфера служит источником многих проблем при проектировании: создание защиты от загрязнения воздушного и водного бассейнов, создание природощадящих технологий, утилизация отходов промышленных производств и т.п.

3. Психологическая сфера связана с человеком и влияет на результаты техногенной деятельности, которые влекут перепроизводство, безработицу, плохую экологию и т.п.

4. Техносфера. Человечество в своем развитии создало искусственную среду – технологическую сферу, которая активно влияет на все остальные сферы. Информационная стадия характерна переходом от централизованного управления к децентрализованному, то есть к переходу от иерархических структур к сетевым, передаче управления непосредственно на рабочее место. Происходит интеллектуализация информационных обменов, переход на безотходные и наукоемкие технологии и т.д. Возникает перерастание научно-технической революции в системную. При этом растет рассогласование естественных и искусственной сфер.

5. Экономическая сфера базируется на договорной основе между членами общества, поэтому ситуации в ней весьма чувствительны к ситуациям в других сферах. При этом распределяется не только полезный продукт, но и затраты с учетом прав собственности на них.

6. Социально-политическая сфера – это сфера общественных договоров, регулирующих права и обязанности членов сообщества в разных сферах, поэтому человеческое сообщество имеет историю цивилизаций, а не историю популяций.

7. Информационная сфера тесно взаимодействует со всеми названными сферами. Она является наиболее устойчивой по сравнению с другими рассматриваемыми сферами. Все эти сферы не только взаимодействуют, но и обладают свойством взаимопроникновения. Поэтому всякое механистическое разделение подобно ньютоновской механике, недопустимо. Сами сфера и их взаимопроникновение системны по своей природе. Всякое выделение объекта из окружающей его среды достаточно условно.

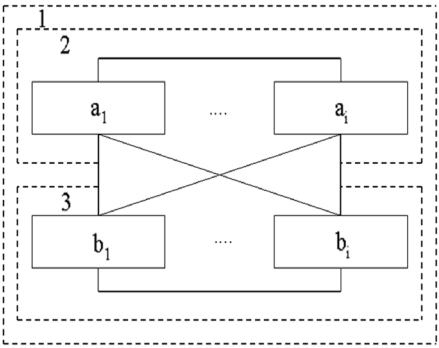

Рис. 3. Структура сферы: 1 – сфероценоз; 2 – базис; 3 – сфера

Размытость, расплывчатость границ рассмотрения привело к созданию теории нечетких множеств, получающей все большее распространение в технических приложениях. Любая из рассмотренных сфер может служить компонентами вектора воздействий $\vec{V}$ (см. рис. 2).

Сами сферы представляют собой сочетание структурных компонентов базиса a_{ij}; структурных компонентов сферы b_i ($i \neq j$) и объединяющего их общего пространства – сфероценоза. На рис. 3 дана условная структура сфероценоза [3].

В таблице приведены компоненты базиса и сфер для всех рассмотренных типов сфер. Из этой таблицы очевидно, что компоненты базиса многих сфер являются общими, что резко усиливает степень их взаимопроникновения и осложняет задачу проектировщиков.

Развитие системного подхода привело к парадоксальной ситуации: основополагающее определение «система» стало отходить в тень. На самом же деле термин «система» безусловно, является одним из самых распространенных терминов, используемых в самых разных научных дисциплинах.

Этот термин оказался чрезмерно перегружен и имеет различный смысл при различных обстоятельствах и для различных людей. В философии этот термин звучит следующим образом: «совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует целостность и единство». Это определение вводит понятия одного порядка общности и неправомерно пытается определить их одно через другое. По У. Эшби система выбирается самим наблюдателем из параметров машины. В приведенной трактовке «системы» термин «отношение» используется в самом широком смысле, включающем весь набор родственных понятий, таких как ограничение, структура, информация, сцепление, связь, соединение, взаимосвязь, зависимость, корреляция и т.д. Скажем, система S представляет собой упорядоченную пару $S = (A, R)$, где A есть множество элементов, а R – множество отношений между эле-

Компоненты базиса и сфер

№	Наименование сферы	Компоненты базиса	Компоненты сферы
1.	Физическая (Физиоценоз)	Составляющие материи: движение, энергия, информация	Физические объекты: частицы, атомы, тела, вакуум
2.	Биосфера (Биоценоз)	Атмосфера, почва, гидросфера	Животные, растения, микроорганизмы
3.	Психологическая (Психоценоз)	Сенсоры (ощущения), действия, нервная система	Подсознание, сознание
4.	Техническая (Техноценоз)	Физические, интеллектуальные, биологические ресурсы	Сельское хозяйство, промышленное и информационное производство
5.	Экономическая (Экоценоз)	Потребляемые ресурсы, средства производства, продукция	Рынок труда, товаров, капитала
6.	Социально-политическая (Социоценоз)	Общественное сознание, экономические, демографические ресурсы	Граждане, их объединения, органы власти
7.	Информационная (Информаценоз)	Технологические, экономические, интеллектуальные ресурсы	Наука, искусство, религия

ментами множества *A*. Подобная концепция системы слишком обща и, следовательно, практическое ее значение невелико.

Академик В.С. Семенихин вообще считал систему словом-паразитом и предлагал использовать понятие «комплекс». Можно привести еще и другие примеры, но вывод однозначен: сами системы – объективная реальность, а определения разнородны и расплывчаты. Причем, большинство предлагаемых моделей структуроцентричны, т.е. рассматривают взаимодействия и связи – *статику*, и практически не рассматривают поведение и развитие – *динамику*.

На мой взгляд, определение системы должно включать все необходимые моменты, рассмотренные на рис. 2. Рассмотрим понятия, которые должны войти в определение системы. Оговоримся, что это определение касается только класса технических и хозяйственных систем. Оно не распространяется на социальные, глобально экономические и экологические системы.

1. Противодействие среды. Одной из главных задач проектирования является уяснение противоречий «среда-система» и создание системы как средства снятия этих противоречий.

2. Организация. Это понятие имеет множество значений: структура, упорядоченность, аппарат принятия решений и т.д. Будем считать, что организация – это общая системная характеристика, рассматриваемая в двух аспектах:

- свойство системы, обуславливающее ее функциональность (статика);
- процесс, формирующий это свойство (динамика).

3. Управление. Управление – ведущая часть организационного процесса, но не единственная. Организационный процесс включает:

- ресурсное и информационное обеспечение;
- управление, т.е. выработку управляющей информации, доведение ее до исполнительных систем и контроль исполнения;
- исполнение, т.е. преобразование управляющей информации непосредственно в функциональные эффекты.

4. Целостность и селективность. Для выполнения поставленной цели (целей) система должна обладать не случайным набором компонентов, а специально выбранным (селективным) с учетом условий среды, задач и соединенных в функционально необходимой и достаточной структуре (целостность).

Тогда можно дать следующее определение.

Система – организованная целостность селективно избранных компонентов, взаимодействие и взаимосвязь которых в процессе управления обеспечивает достижение поставленных целей в условиях противодействия среды.

С учетом этого определения оценим, на какие классы можно разделить технические, организационные и управленческо-хозяйственные системы, которые объединены по общим признакам наличия технических средств, систем передачи информации, лиц, обеспечивающих и принимающих решения (ЛОР, ЛПР). Под организационной системой будем понимать группу людей, обладающих совокупностью средств, методов, ресурсов и ориентированных на достижение фиксированной цели в рамках созданной структуры. Под управленческо-хозяйственной системой будем понимать совокупность организационных и технических систем, призванную изменять объем и состав общественных потребностей. Всю номенклатуру систем этого класса можно разделить на три группы: простые, сложные и большие системы.

Простые системы (simple system). Простой системой является такая техническая система, в которой несмотря на любое количество элементов, отказ одного из них приводит к прекращению функционирования всей системы. Подобный класс систем представляет чисто теоретический интерес. К нему относятся простейшие сигнализаторы и бытовые приборы первых поколений.

Сложные системы (complex system). К этому классу относится все многообразие технических систем без учета наличия в них человеческого звена. Система становится сложной, как только она приобретает дополнительные свойства за счет иерархической структуры, многоканальности и многофункциональности, наличия обратных связей, разного вида избыточности.

Большие системы (large system). Большая система – это такая техническая, организационная или управленческо-хозяйственная система, в которой объединены сложная система и человеческое звено в виде оператора, диспетчера, ЛОР, ЛПР и т.д. При этом система приобретает дополнительные качества, так как, кроме оценки коэффициентов значимости человека, надо вводить характеристику, учитывающую психофизиологические реакции человека, обоснованность и своевременность его решений. К этому классу систем относятся системы АСНИ, АСУ, САПР. Коэффициент значимости человека весьма труден для непосредственной аналитической оценки. В работах А.И. Губинского, В.В. Петрова приведены некоторые методы оценки реакций человека. Известны статьи Дж. Росса, но в целом эта проблема еще ожидает своих исследователей [2].

Следует сказать, что термин «Большие системы» возник как следствие системного подхода из-за необходимости определения способа к анализу таких систем. Сложности, возникающие при этом, связаны с наличием тесной взаимосвязи между большим числом факторов, определяющих поведение системы, а также наличием неопределенностей поведения всей системы, поведения внешней среды и поведения людей. В словарях дается следующая трактовка данного термина. Большая система – это управляемая система, рассматриваемая как совокупность взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью функционирования. Указывается, что в системе участвуют какие-то машины, ЭВМ, люди и природная среда. Имеются материальные, энергетические и информационные связи между частями системы. Согласно данному определению большими системами являются: система ПВО какого-то города, система

транспортного обслуживания города, большая информационно-измерительная система. Последняя включает информационно-поисковые системы с библиотеками, архивами хранения данных; диагностические информационно-измерительные системы, технические и медицинские системы, информационное обеспечение автоматических систем; информационная система для научных исследований. Последняя состоит из авиационных, ядерных исследований, исследований в космосе, геологии, метеорологии и мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Винограй Э.Д.* Основы общей теории систем. – Кемерово, 1993. – 248 с.
2. *Куприянов В. В.* Развитие системных концепций и их роль в становлении общей теории систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ6. – 2011. – С. 201–205.
3. *Надеев А. Т.* Основы системного анализа. – Нижний Новгород, 1993. –132 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Куприянов Вячеслав Васильевич – доктор технических наук, профессор, ИТАСУ НИТУ «МИСиС», e-mail: ud@msmu.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 6, pp. 203–211.

UDC 004.832:681.5

V.V. Kupriyanov

CONCEPTUAL PRINCIPLES FOR SYSTEMS PROBLEM SOLVING

In the article the role of systems hierarchy and systems methodology in science research are established. Spheres of interaction for systems problem solving are considered. The classification of the systems with use of contemporary principles of systemology is resulted and her stage-by-stage explanation is offered. The new concept of terms of «system» and «large system» is given. Various variants of their definitions and possibility of use of the given concepts are offered to consideration.

Key words: system, systemology, systems hierarchy, spheres of interaction, design process, syntax, semantics, pragmatics, conceptual research.

AUTHOR

Kupriyanov V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Information Technologies and Automated Control Systems, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: ud@msmu.ru.

REFERENCES

1. Vinogray E. D. *Osnovy obshchey teorii sistem* (Principles of general theory of systems), Kemerovo, 1993, 248 p.
2. Kupriyanov V. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 6. 2011, pp. 201–205.
3. Nadeev A. T. *Osnovy sistemnogo analiza* (Principles of system analysis), Nizhniy Novgorod, 1993, 132 p.