

# Доклад на Международной научной конференции НЕФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ СИСТЕМЫ

**Б.М.Попов**

В докладе для класса систем, в которых главными являются информационные взаимодействия, предложена их (систем) интерпретация не как совокупности взаимодействующих объектов, а как свода правил, полная реализация которых объектами при взаимодействиях определяет принадлежность объектов к данному системному множеству, и показана прагматичность такого подхода.

## NON-PHYSICAL VIEW OF THE SYSTEMS

**B.M.Popov**

This report describes a class of special systems. Those systems mainly consist of informational interactions. In this report, we devised interpretation of systems not as set of interacting objects, but as set of rules. Full realization of those rules defines object's membership in those set of systems. In addition, this report shows pragmatism of this view on systems.

### **Введение**

Термин «система» широко используется в научных публикациях, но каждая наука придает этому понятию свой «региональный» смысл. Ещё больше произвола в использовании термина система в СМИ и в обыденной разговорной речи. Разумеется, для понятия система существует множество определений и трактовок, но именно их количественная множественность свидетельствует об их дескриптивном характере и отсутствия в них конструктивности. Не менее расплывчато, чем система, в современной научно-технической литературе толкуются понятия организация и структура. Неудивительно, что эти понятия зачастую путают друг с другом. Чувствуется отсутствие какого-то смыслового фильтра, ключевого звена, более общего понятия, через призму которого они должны рассматриваться.

В математике [1] (и не только в ней) понятия вводятся двумя принципиально разными путями. Первый путь основан на использовании прямого или конструктивного определения – явного построения соответствующего объекта, второй – на использовании косвенных (описательных или дескриптивных) определений, задающих тот или иной объект перечислением требуемых свойств. Понятно, что дескриптивных определений больше, чем конструктивных. Нахождение конструктивного определения того или иного объекта, ранее заданного лишь дескриптивно, попутно дает доказательство его существования, а косвенные (дескриптивные) определения в математике (и не только в ней) могут описывать и бессмысленные или несуществующие объекты. Например, есть дескриптивные определения вечного двигателя и философского камня, но их конструктивное определение отсутствует.

Однако, наряду с основной задачей преобразования дескриптивных определений в конструктивные, бывает актуальна и обратная задача – выделение

характеристической группы свойств того или иного конструктивно (явно) заданного объекта: неудобно ведь при каждом упоминании объекта предъявлять подробную схему его устройства.

В каком-то смысле у термина система есть сходство с понятием гравитация. Существует много теорий гравитации, но ни одна из них не является конструктивной, не предлагает метода усиления или ослабления гравитационного «заряда», производимого вещественным телом на другие тела. А в теории электромагнетизма методы намагничивания, перемагничивания и размагничивания – конструктивные определения магнетизма имеются. Поскольку конструктивное определение гравитации отсутствует, то её существование нельзя считать доказанным. Но целью настоящего доклада является не доказательство существования гравитации, а доказательство существования систем как класса, хотя бы в информационном пространстве.

### **Традиционный подход к толкованию систем и агрегаты**

Чаще всего в научно-технической литературе по системному анализу [2] под системой предлагается понимать «объект любой природы (либо совокупность взаимодействующих объектов любой, в том числе различной природы), обладающий выраженным системным свойством (свойствами), т.е. свойством, которого не имеет ни одна из частей системы при любом способе членения и не выводимым из свойств частей». В приведенное определение системы корректно вписывается и вбитый в стену гвоздь, так как ни одна из двух частей этой «системы» не имеет выраженного свойства (обычно именуемого «эмерджентностью») – удерживать головной убор в фиксированном положении. Там же (в [2]), наряду по сути дела с мировоззренческой установкой, «никаких других законов (кроме физических) для объяснения действия систем любой природы (в том числе живых) не требуется»; системы наделяются свойствами уникальности, негэнтропийности, стохастичности, ориентации и т.д. без указания механизма, в результате деятельности которого указанные свойства появляются.

Руководствуясь этим определением, невозможно выработать критерий оценки уровня системности собственно системы, границ варибельности её эмерджентности и, например, степени негэнтропийности. Иначе говоря, приведённое определение системы не имеет никакого отчетливого смысла.

Многоаспектность рассмотрения и ориентация на поиск общих для любых систем закономерностей сохраняется в теоретическом системном анализе и по настоящее время, но, видимо, в силу масштабности проекта, он пока не дал результатов, пригодных к конкретной инженерной деятельности. Невнимание к реальным проблемам в классическом системном анализе существует, но оно ему принципиально не присуще, а лишь отражает особенности хода, его исторического развития. Дело в том, что мы в прошлом и будущем видим и понимаем лишь то, что наполняет наше настоящее. Например, понять наличие звуковой локации у летучих мышей, электрического разряда у некоторых рыб и т.п., мы смогли лишь на основе собственных достижений в акустике и электромагнетизме. В то же время при отсутствии в природе естественных магнитов электромагнетизм не был бы открыт. Видимо особенность исторического развития системного анализа состоит в том, что он возник раньше, чем в сфере созидательной человеческой практики появились системы. Какие же объекты были предметом системного анализа до того, как человек начал создавать системы? Вопрос имеет не праздный характер, а фильтрационный, ответ на него позволяет сузить множество объектов, приписанных к классу систем.

Представляется, что предметом системного анализа были в основном объекты класса «стена-гвоздь», для идентификации которых содержательно уместнее понятие «агрегат». То есть искусственно созданное орудие (инструмент), представляющее собой не конгломерат частей, лишенных определенного назначения, а их осмысленную сборку, в которой каждая часть, находясь в физических взаимодействиях с другими частями агрегата, непрерывно выполняет отведенную ей роль в реализации процесса функционирования агрегата в целом.

Чем шире и глубже усваиваемый человеком репертуар и характер физических взаимодействий, тем совершеннее создаваемые им инструменты (в принципе). Отметим как важное для дальнейшего понимания, - физическим взаимодействиям присуща транспарентность (прозрачность, вневременность), то есть физическое взаимодействие двух тел друг с другом не зависит от того, взаимодействуют они или нет с третьим телом в один и тот же момент времени. Детали агрегатов не действуют самостоятельно, энергетизируются, в конечном счёте, извне, как правило, функционально различны, функциональность присуща не им самим, а определяется внешним или взаимным силовым воздействием. Агрегат – это результат именно комбинации разнородных частей, а отнюдь не интеграции однородных элементов. Аддитивные операции могут применяться только к объектам одного типа, а мультипликативные – к разнородным. За исключением мультипликативной операции комбинирование, применимой во всех случаях. Управление агрегатами и стабилизация их работы производится на основе карты предельных допустимостей и регулирующих правил. То же самое справедливо и для физических агрегаций агрегатов.

По-другому эти агрегаты осмысленно организованных взаимодействий, «спеченных» в единый конвейер, без противоречий с современной терминологией, могут быть названы пассивными синергетическими комплексами.

Создание агрегатов опирается не только на известный человеку характер проявления физических взаимодействий вещественных образований, но и на его умение концентрировать, (аккумулировать) потоки вещества и энергии в нужное время, в нужном месте для активации агрегатов. Такое количественное и качественное уплотнение способствует интенсификации природных процессов, является способом присоединения агрегата к исходной природной активности (энергетическим потокам) безграничных сил природы, что составляет суть функциональной работоспособности агрегата, приближающей достижение намеченной цели.

Человек, в процессе тысячелетней практики создания и совершенствования агрегатов вооружился следующими средствами: технические науки, включая теорию оптимального управления, количественная математика, отработанные методы проектирования. То есть, создание агрегатов – вполне освоенная, инструментально обеспеченная деятельность.

Известными кибернетиками агрегатам был положен предел сложности. Фактором, определяющим этот предел, при безусловной однозначности и прозрачности характера физических взаимодействий, является их внутреннее разнообразие (неоднородность по составу). Неоднородность по составу, проявляет себя нарушением синхронизма в динамике функционирования агрегата из-за различий в инертности его составных частей, что вызывает потребность в непрерывном регулировании, а действие регуляторов основано на той же инертности.

Эшби и Тьюринг, применявшие к сложным агрегатам термин система, своими законами и теоремами обрекали сложные агрегаты на неуправляемость. Так закон необходимого разнообразия Эшби, утверждает, что эффективное функционирование системы может быть обеспечено только в том случае, когда разнообразие (неопределенность) системы управления не меньше разнообразия (неопределенности) управляемого объекта, разнообразие системы не менее разнообразия внешней среды. Но в соответствии с теоремой Тьюринга существует порог сложности системы, за которым любое ее (системы) описание (т.е. любая ее модель) будет сложнее самой системы – минимальное описание и есть система. Вопреки логике теоретиков, сложные агрегаты, например компьютеры, были созданы. Впрочем, предсказуемость их поведения обеспечивается высокой однородностью и той же избыточностью, характерной для элементов с программной логикой. Неопределённость тут парализуется однообразием.

Однообразие свойственно таким искусственным сетеподобным образованиям (организациям) как инфокоммуникационные сети. И к ним понятие системы вполне применимо, но, как будет показано далее, применимо только в связке с понятиями организация и структура. Информационные сети создавались и создаются, но порой проекты их создания или модернизации терпят крах. То есть практика (и прежде всего «практика катастроф»), указывает на актуальность знаний инструментального типа, пригодных к созданию технологий построения систем с заданными свойствами. И здесь представляется актуальной редукция понятий применительно к ограниченному множеству сложившихся или складывающихся в настоящее время масштабных искусственных системных образований.

### **Понятие системы в контексте понятий организация и структура**

В [3] показано, что для искусственных сетеподобных организаций, в которых коммуникативная (организационная) составляющая превалирует по сложности над физической составляющей, систему естественно рассматривать как одно из проявлений единой сущности «организация, система, структура». Это же можно сказать и о других двух аспектах (ипостасях) целостной триады - организации и структуре, так как все три понятия находятся в контекстной зависимости. Эту триаду будем использовать в качестве общего понятия, через призму которого должны рассматриваться система, организация и структура.

Данная единая сущность, своеобразный синергизм, по своей сути, ближе к организму, чем к механизму. Такой подход представляется достаточно органичным, так как рассматривать любой объект вне рассмотрения его действия непродуктивно. А рассмотрение действия сетеподобных образований возможно только в рамках понятийной триады, а именно: множество действующих по единым правилам объектов (элементов организации), собственно единые для всех правила действия (система), результаты деятельности (структуры). Элементы организации (возможно, в свою очередь, тоже организации) активны. Они способны самостоятельно осуществлять деятельность, соотносясь с «заложенной» в них системой - комплексом правил, направляющих и нормирующих деятельность. Характерно, что все элементы организации действуют по одной системе. По репертуару значительная (но не вся) часть правил деятельности сводится к взаимодействию с другими элементами организации, с образованием разнообразных ассоциаций (цепочек) взаимодействующих элементов в процессе решения некой общей задачи. То есть с образованием структур для действия, которые превращаются в действующие структуры в процессе реализации взаимодействия.

Следует отметить, что приведённое системное толкование опирается на принцип «неопределенности-дополнительности-совместности» (НДС), сформулированный Баранцевым Р.Г. на основе тринитарной парадигмы [3] следующим образом: *в целостной триаде каждая пара элементов находится в соотношении дополнительности, а третий задает меру совместности, является и их способом существования (модусом), и генерализованным посредником. При этом абсолютизация (полная определенность) любой компоненты разрушает целостность триады.*

Примерно это же декларировал философ Платон в своём произведении «Государство»: «невозможно сочетать две вещи без наличия третьей: между ними необходим связующий элемент. Нет лучше связи, чем та, которая образует из самой себя и связываемых ею вещей одно и неделимое целое. Для того чтобы увидеть предмет в мире видимом, недостаточно предмета и обладающего зрением глаза: для зрительного восприятия необходим ещё и свет, идущий от солнца».

Смысл терминов, «организация», «система» и «структура» – интуитивно понятен, и в обыденной речи термин система нередко используется в связке с терминами организация и структура, например, «чтобы занять достойное место в структурах нашей организации нужно усвоить её систему и неуклонно следовать ей». Но для нужд конкретной практики необходимо поднять их смысл из глубин интуиции на уровень сознания. Далее представлена попытка конструктивного толкования ипостасей единой триады – «организация-система-структура». Именно, толкования, а не определения, ибо наша триада – это некий единый синергизм. И система имеет свою структуру, и структура подчинена некой системе. Всё здесь организационно взаимообусловлено.

Система – это способ подчинения элементов (предметов) единому общему порядку и, собственно, сам этот порядок (ритуал, протокол, иго и т.п.). Система является инвариантом организации, т.е. неизменяема внутренними взаимодействиями. Если те же элементы будут следовать в своей деятельности иному единому порядку, то они образуют иное системное множество (иную организацию). Действие систем реализуется процессами. Процессы являются информационными виртуальными объектами, ибо процесс – это аранжированная по времени или неким другим способом совокупность реализации действий и изменений условий. В общем случае систему может представлять не один, а несколько процессов, ассоциированных в один ролевой агент, и эта ассоциация полностью характеризует динамику поведения (организованность) организации. Организованность – это внутренняя характеристика организации, она определяется интенсивностью целенаправленных процессов, а направленность процессов определяется системой. Система – это концепция (идея) организации, мать порядка в организации, и только в этом контексте можно толковать об её материальности. Как же виртуальный объект воздействует на физические (вещественные) объекты? - Также как невещественная компьютерная программа действует на вещественные детали принтера. А работающая программа – это тот же процесс.

Организация – это множество элементов, действующих по одной и той же системе, безусловно подчинённых этой системе, образно говоря, находящихся под её игом. Собственно способность и возможность исполнять данную систему определяет принадлежность элемента к организации. Характерно, деятельность элемента организации определяется (в основном) не внешним воздействием, а как бы «внутренним побуждением». А внутренние побуждения заданы системой. Организацию образуют идентичные по системе элементы. Также как, например, равенство чисел по модулю 2 определяет их принадлежность к множеству чётных

чисел. Однако, одни и те же элементы (например, люди, и не только они) могут одновременно подчиняться нескольким порядкам (система семейных взаимоотношений, система производственных взаимоотношений и т. д.), каждый из которых, тем не менее, достаточно жестко установлен. Картина деятельности такого элемента «многостаночника» выглядит весьма разнообразной, и, без декомпозиции деятельности на процессы по принадлежности к разным системам, её описание (модель) будет не просто сложным (навороченным), а неадекватным, хотя сами системы всегда просты. Поэтому выделение в любой организации системы представляет продуктивный момент анализа. Представление о существовании сложных систем порождено наблюдением за поведением элементов, находящихся под игом нескольких систем. Сложность тут происходит от попытки сложить неаддитивное, и из-за отсутствия когерентности в действиях разных систем. Но если деятельность систем гармонизирована, то одна из них может быть использована для аранжировки деятельности других систем (системное время), для прогнозирования их событий. Отмеченное обстоятельство является ценным с прагматической точки зрения, может быть использовано при реализации проектных процедур композиции и декомпозиции при синтезе и анализе системноорганизованных объектов.

Структура - это мгновенный снимок связей элементов в организации. Иначе говоря, организации имеют сетеподобную структуру. Если представить множество элементов организации до начала действия процессов системы, то это множество можно представить как некую ничем не обусловленную субстанцию – логистическую базу, которая первична в отношении своих состояний. Структуры в организации с действующей системой – это уже следы деятельности элементов по системе (летопись), следы, – направляющие их дальнейшую деятельность. По аналогии: река формирует берега, а берега направляют реку. Структуры определяют пространство организации, если толковать его как оно толкуется в математике, где пространство толкуется как логически мыслимая структура, служащая средой, в которой осуществляются другие структуры, формы и те или иные конструкции, а также фиксируются отношения между ними. Структура, в данном контексте, является, по существу, множеством ограничений на потоки в пространстве и во времени организации.

Система определяет характер формирующихся структур, а они служат ей средствами навигации. Структуры в общем случае образуются из элементов организации (но не только из них) по правилам, задаваемым системой. Структура принадлежит организации как результат воплощения системы. Система – профеномен структуры. Существует так называемый «принцип симморфоза», которым констатируется, что эффективные системы действуют таким образом, чтобы структуры организации соответствовали максимальным потребностям для реализации ею целевой функции, но не превосходили их. Здесь речь идёт о синтезе (образовании) регулярных структур, а синтез возможен, если есть фактор, который итожит процесс становления.

### **Принцип НДС и концепция ЭМВОС**

Инфокоммуникационные сети, как любые сетеподобные организации – результат интеграции именно однородных элементов.

Современные теория и практика создания масштабных информационных систем базируется на концепции эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС). Плодотворность ЭМВОС подтверждается позитивной практикой с высокой результативностью. Однако порой возникают затруднения с

интерпретацией основных понятий и конструкций этой модели. В рамках принципа НДС понятия и конструкции данной концепции представляются более прозрачными. Здесь элементами организации – объектами взаимодействия – являются информационные процессы и их ассоциации, локализуемые (как правило) в устройствах с программной логикой. Следует отметить, что так называемая открытость в ЭМВОС означает отнюдь не толерантность, а тотальность. Включение в организацию возможно здесь элементов только для элементов одной системы.

### **Параметрическое управление в организациях**

Представленный подход к интерпретации систем, организаций и структур создаёт предпосылки для продвижения принципов параметрического управления [4] в сетеподобные организации. Ибо параметрическое управление органично именно к сетеподобным организации, которые представляют собой результат интеграции именно однородных элементов. Выше было указано, что элементы, входящие в организацию, могут одновременно входить в другую организацию, то есть находиться под игом нескольких систем одновременно. Но это же обстоятельство создаёт возможность для быстрой трансформации организации, если вводить в действие системы не одновременно, а поочерёдно. Характер коллективного поведения элементов организации, действующих в соответствии со спецификой одной из присущих системой правил, присущей как способность каждому элементу организации, может быть изменено переключением коллективной деятельности элементов на другую, до того не действовавшую. Когерентное переключение на другую систему производится изменением некоего общего для всех параметра, неспецифического фактора. Реакция на изменение неспецифического параметра также будет неспецифической (однотипной, типа стресса). Как показано в [5], процессы коллективного разрешения проблемы, возникшей в результате изменения неспецифического фактора, на базе соорганизации могут привести к разным ответам на основе узкого ядра поведенческих правил, то есть системы.

Эффективность и реальность параметрического управления лучше показать на примерах. Как учил Ньютон: "При изучении наук примеры полезнее правил". Примеры действия параметрического управления в биологических организациях (организмах) показывают не только эффективность параметрического управления, но и демонстрируют его природоподобность. Параметрами управления здесь являются неспецифические факторы, температура, кислотность, положение общего центра масс и т. п., то есть нечто общее для всех.

Пример из медицинской практики. В [6] описаны наблюдения сотрудника медицинского центра калифорнийского университета А. Хэрари за поведением отдельных клеток сердца. Он воздействовал на элементы живой ткани сердечной мышцы молодой крысы трипсином – ферментом, разрушающим цементующий клетки протеин (белок), но не нарушающим сами клетки, затем получал суспензию клеток в среде, содержащей сыворотку крови и другие питательные вещества. После двух-трех дней инкубации в специальном сосуде клетки сердца вытягивались, уплощались и прикрепляются к стеклу сосуда специальными отростками. При этом под микроскопом было видно, что, например, одна из ста клеток ритмично сокращается с частотой от 10 до 150 раз в минуту. Это говорит о том, что ритмическое сокращение сердца во многом обязано пульсации клеток. Между тем клетки в сосуде росли, размножались, их отростки вступали в контакты друг с другом. Чем большее количество клеток соединилось друг с другом, тем большее число их начинало пульсировать. И, наконец, после окончательного объединения клетки запульсировали с одинаковой частотой. Но это не все – организация ткани

сердца в сосуде шла дальше. В ней появлялись пульсирующие с одинаковой частотой узлы, часть клеток срасталась в перепончатый пласт, который весь вздымался и опускался, пульсировал уже как единый орган, а не как совокупность отдельных клеток. Таким образом, сложная организация совокупности клеток – органа, базируется на достаточно сложной организации составляющих элементов, на полном «знании» клетками всей системы правил естественного построения структур организации (органа). Но, почему бы им ее не знать. Ведь это «знание» и определяет их сущность.

Пример «из жизни насекомых» [7]. Окукливание бабочки (насекомого) при метаморфозе происходит через разупорядочивание: гусеница (куколка гусеницы) превращается в мутную жидкость. Затем эта мутная жидкость достаточно быстро перестраивается в бабочку. Причем, если аккуратно отобрать часть «мутной жидкости», то оставшаяся все равно обеспечит (завершит) процесс метаморфоза. Появится полноценное насекомое, только меньшего размера. В этом нет ничего удивительного. И куколка, и бабочка состоят из одних и тех же элементов (клеток). Происходит когерентное переключение элементов с одной системы на другую. В этом проявляется суть метаморфоза. Сам процесс перехода воспринимаем, как хаос и обычно акцентируем внимание на его результате (форме). Сам переход элементов организации с системы на систему не имеет сенсуально постижимых эквивалентов.

Разумеется, «конструкторские замыслы» и «технологии» природы намного превосходят человеческие, копировать их мы не можем, но ведь и задачи наши много скромнее. При организации функционирования инфокоммуникационных сетей, где механизм взаимодействия информационных процессов мы создаём сами, принципы параметрического управления могут быть вполне уместны, как в смысле эффективности, так и в смысле реализуемости.

### **Заключение**

В данном докладе, изложение основных идей произведено в стратегическом ракурсе. Поэтому его следует рассматривать как попытку сформулировать очевидные с прагматической точки зрения факты систематизирующего характера относительно класса информационных систем, а не как демонстрацию некоего нового теоретического подхода к рассмотрению любых систем. Стратегия обычно не связана конкретикой, она исходит из того, что является делом первостепенной важности, не определяя в точности, каким образом можно достичь желаемых результатов.

Конечно, представленный в докладе подход к интерпретации систем, структур и организаций, несколько отличается от традиционного, но он не противоречит закономерностям реальных процессов. Более того, он вытекает (как используемый по факту) из позитивной практики, определяет основные средства перевода этой практики на уровень технологии.

### **Литература**

1. Яглом И.М. Математические структуры и математическое моделирование. М.: «Советское радио», 1980
2. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. М.: Радио и связь, 1985
3. Попов Б.М., Учение о системах и структурах организаций. – Воронеж: Концерн «Созвездие», 2009
4. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М.: Едоториал УРСС, 2004

5. Хищенко В.Е. Самоорганизация: элементы теории. М.: КомКнига, 2005
6. Артамонов Ю. Г., Харламов В.И. Кибернетика и жизнь. М.: Советская Россия, 1968
7. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии. М.: Советское радио, 1976