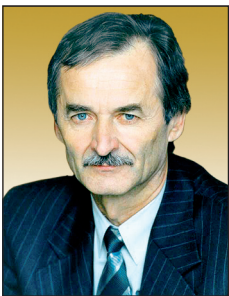


## СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – НОВЫЙ ПОДХОД



П.А. Козлов

Системные исследования породили большой объем публикаций, но оказались малопродуктивны в науке, так как само понятие «система» было расплывчато и включало слишком широкий класс объектов. Вводится новое понятие системы, как объекта с самоподдержанием. Показано, что такой подход более полезен для эффективной организации транспортных узлов.

*Ключевые слова:* система, объект, самоподдержание, предсистема, динамические резервы, сложность

В 70–80-х годах прошлого столетия активно обсуждалась проблема, которая разными исследователями называлась по-разному: «теория систем», «системный подход», «системный анализ», «общая теория систем» и др.

Математик Моисеев Н.Н. «Слово «система» и связанные с ним термины получили широкое распространение. Это произошло потому, что на передний план все более и более выступает необходимость исследования сложных комплексов (систем)» [1].

Проблемой занимались экономисты, математики, специалисты в области теории управления и переработки информации. Но так как предмет исследования не был четко сформулирован, достаточно размытой была и применяемая методология. Ключевой задачей, конечно, было дать ясное определение понятию «система».

В науке определений понятия «система» много. В большинстве содержится следующее:

- система состоит из взаимосвязанных элементов,
- при этом возникает новое, «системное» свойство, не выводимое полностью из свойств элементов;
- система обладает (не всегда, но часто) целостностью.

Вот что говорят об этом различные ученые.

Энгельс Ф. «Система есть отграниченное множество взаимодействующих элементов» [2].

Математик Моисеев Н.Н. «Понятие «система» относится к числу тех, для которых трудно дать аккуратное определение. Для наших целей достаточно того интуитивного понятия системы, которое имеется у каждого, изучающего предмет» [1].

Философ Аверьянов А.Н. «Неорганизованные совокупности являются системами, хотя и не целостными». В системах «элементы связаны между собой, неважно, что эта связь носит внешний или случайный характер. Важно, что она объединяет элементы

---

**Козлов Петр Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ, президент научно-производственного холдинга «СТРАТЕГ». Область научных интересов: транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, управление процессами перевозок, системный анализ, управление и обработка информации. Автор более 300 научных работ, в том числе двух монографий.

в совокупность определенной формы, которую мы называем кучей, грудой, толпой и т.д.» [3].

Академик Берг А.И. «Несмотря на широкое распространение понятия «система», до настоящего времени не существует общепринятого его определения». [4].

Как можно увидеть, четкого определения этого важного понятия никто не дает. Поэтому настоящая теория не может быть построена на таком зыбком фундаменте. Ибо если рассматривать как системы образования из взаимодействующих элементов с появлением новой функции, сюда подходит и мясорубка, и стул, и велосипед.

Сагатовский В.Н. в ежегоднике «Системные исследования» так и говорит: «Любой предмет, созданный человеком, есть система. Например, первобытный человек, изготовлявший каменный топор или лук, уже имел дело с системами» [5].

Естественно, нет определенности и в том, какие задачи должна решать теория.

Юдин Б.Г. в том же ежегоднике: «Развитие системных исследований в целом до сих пор не опиралось на какую-то общепринятую теоретическую концепцию». И естественно, что «развитие системных исследований принесло весьма скромные результаты» [5].

Математик Канторович Л.В. «В качестве одного из типов математических систем можно назвать числовые системы. Так, система действительных чисел допускает многообразные способы анализа» [5].

В какой-то мере и в настоящее время имеются слабые попытки коснуться этой проблемы [6;7]. Но без выхода за пределы обычного определения понятия «система». Например, в [7] украинский профессор пишет:

«Система — настолько общее понятие, что дать ему универсальное для всех случаев жизни определение очень трудно... Системы бывают простыми, сложными и сверхсложными и др. Простая — обыкновенный оконный затвор. Сложная — персональный компьютер. Сверхсложная — экономика пассажирских перевозок». Если в один класс входит и «оконный затвор», и «экономика пассажирских перевозок», то трудно ожидать прорывных результатов от такого системного исследования. К тому же системой у автора может быть и «явление».

### **О понятии «система»**

Оно, по-видимому, родилось при наблюдении таких объектов, как живые существа. Они странные. Все под действием внешней среды разрушается, а эти развиваются. Не подчиняются второму закону термодинамики!

Система — это объект, который активно противодействует разрушающему действию внешней среды для сохранения самого себя. (Мясорубка активно не противодействует). Для искусственно создаваемых систем — это главное отличие от всех других объектов.

Строго говоря, настоящими системами являются только живые существа. Другие объекты — только в той мере, в какой они подражают первым. В какой-то мере они смоделировали системные свойства живых, в какой-то мере в них есть самоподдержание.

### **Адаптивность и управление**

Активное противодействие, самоподдержание обеспечивается адаптивностью и, значит, управлением. Поэтому при исследовании систем корректное отображение внутреннего управления является первоочередной задачей. Внутренние связи (или как их называют «сильные», «тесные» и др.) — это сильноуправляемые связи. Поэтому границы исследуемого объекта как системы необходимо проводить не по связям со слабой интенсивностью (как часто предлагают), а по слабоуправляемым связям. Управление есть функция состояния. В системе в понятие состояния входят и значения параметров, характеризующих функцию. Управление, направленное на поддержание параметров при разрушающем действии среды, может быть по отклонению, производной и интегралу. Производная характеризует скорость отклонения, т.е. управление здесь будет по будущему состоянию. Интеграл учитывает, были ли малые отклонения одного знака или разного.

### **Целостность**

Целостность может быть структурной. Структурная — это как говорили в древности «ничего нельзя отнять и ничего нельзя прибавить». То есть имеются все необходимые элементы для выполнения требуемой функции. Объекты со структурной целостностью без самоподдержания можно было бы назвать предсистемами. Ибо и системы должны иметь структурную целостность. Вообще-то следует говорить, по-видимому, о структурно-функциональной. Ибо каждый структурный элемент создан для выполнения какой-то частичной функции, но совокупность этих функций создает общую функцию.

Собственно системная целостность — это когда для противодействия разрушающему действию внешней среды подключается при необходимости не только страдающий элемент, но и подсистема и даже вся система. (Например, при воспалении где-нибудь на ноге поднимается температура, учащается дыхание и интенсивнее работает сердце; тормозится мышеч-

ная работа, система пищеварения и др. Все силы на борьбу!). То есть системная целостность — это когда весь объект «пронизан» активным целесообразным управлением.

Обычно в исследованиях рассматривается только структурная целостность.

### **Сложность**

Есть сложность объекта, как материального образования (предсистемы) и сложность системная.

Первая — как велико множество составляющих его частей и насколько они разнообразны. Вторая, системная, — как много параметров поддерживается вопреки разрушающему действию среды и насколько разнообразна иерархическая структура этих (системных) параметров. Система, как правило, состоит из подсистем, которые также в определенной степени являются системами и имеют свои системные параметры и механизмы их поддержания. Но в иерархии этих параметров параметры подсистем могут становиться управляемыми, подчиненными, если это требуется для поддержания в сложившейся ситуации параметров системы более высокого уровня.

Объект может быть сложным, как материальное образование, как предсистема и простым как система. Например, человек едет на велосипеде. Здесь поддерживается два параметра — вертикальное положение и положение руля, соответствующее направлению дороги. Всего два параметра — очень простая система. Излишне говорить, что и велосипед, и тем более человек — это сложные материальные образования.

### **Развитие**

Вопреки распространенному взгляду развитие является вторичной, вынужденной функцией. Оно нужно для поддержания параметров либо при изменении внешней среды, либо из-за конкуренции (крокодилы и акулы не меняются сотни миллионов лет).

### **«Система имеет цель»**

Исходно основная цель — это сохранение самое себя. Это главное. Любознательность — это попытка предвидеть изменение условий существования. Чтобы заранее адаптироваться. У человека эта функция развилась за пределы исходного назначения.

### **Почему важен системный подход**

Объект можно изучать как материальное образование и как систему. Вследствие единых законов природы, конкуренции и отбора системные принципы становятся все более схожими. Чем выше уровень организации, тем объекты как системы все более похожи. Хотя материальная основа различна. С раз-

витием мира все более разнообразным становится его материальная форма и все более единообразна - системная сущность. То есть изучив одну систему на некотором уровне развития, мы уже в значительной степени знаем другие на близком уровне.

Кстати, о споре ученых по вопросу конвергенции (увеличения тождества) и дивергенции (увеличения разнообразия), который разделил ученых в мире на два лагеря. Академик Моисеев Н.Н. утверждал, что правы сторонники дивергенции. Обоснование. Организованные объекты проходят в своей динамике точки бифуркации, неустойчивого равновесия, где случайное незначительное воздействие может привести к серьезному изменению траектории движения. Случайные воздействия могут быть самыми разнообразными, поэтому разнообразие в мире увеличивается.

Думается, здесь надо рассуждать по гегелевски, не «или-или», а «и-и». Мир становится со временем все более разнообразным по материальной форме и все более единообразным по системной сущности. Есть даже выражение «система — это кладбище случайностей».

Кстати, немецкий экономист Вальтер Ойкен (Walter Eucken) ставил в вину Марксу то, что, выстраивая непрерывную линию развития общества, тот не учитывал возможности появления точек бифуркации. (Второй ошибкой по его мнению было то, что уверовав в свою гениальность, Маркс пытался уловить закономерности развития капитализма, хотя тот находился в зачаточном состоянии и не мог предоставить достаточного материала для таких глобальных выводов).

Итак, если проводить подразделение объектов по уровню организации (организованности), то получаются три больших класса (рис.1):

- дезорганизованные (куча камней, куча песка и др.);
- частично организованные (комплексы, предсистемы);
- системно организованные (живые существа, производственные предприятия, управляемые человеком, искусственные механизмы с обратной связью).

Производственные комплексы — это объекты, еще не выстроенные полностью по системному принципу, не охваченные единым управлением, где элементы еще не полностью трансформировались в элементы единого целого. Они могут иметь больше или меньше организации и охватывают весь спектр от полной дезорганизации до системной организации. Сюда относятся и искусственно созданные механизмы — предсистемы. Поэтому когда вводят новые понятия — кластеры и т.п., надо понимать — это комплексы

на той или иной степени организации и существенно новой информации они не с собой не несут.

### Системный анализ

Этот термин пришел из английского языка, который можно перевести и как анализ систем, и как системный анализ. В англоязычной литературе привилось первое значение, у нас – второе.

В соответствии с изложенными выше подходами системный анализ должен включать следующие процедуры:

а) выявление, есть ли у объекта общая функция. Действительно ли этот объект функционально единый (один, а не несколько, скажем, расположенных на общей территории. И существует ли структурная целостность объекта (можно ли назвать его хотя бы предсистемой);

б) определить параметры, которые характеризуют эту функцию;

в) выяснить, на какие подсистемы подразделяется объект. Определить функцию каждой подсистемы и параметры, описывающие эту функцию;

г) найти дезорганизующие воздействия на функции системы и подсистем;

д) определить механизмы самоподдержания функции системы и подсистем. Описать адаптивное взаимодействие системы и подсистем, когда параметры подсистем становятся изменяемыми для обеспечения функции системы при изменившихся условиях;

е) после этого можно строить системную модель и на ней исследовать свойства объекта, как системы.

### О системах и системности на транспорте

На транспорте системное управление замещает по свойствам резервы путей и вагонов, т.е. создает, так называемые, динамические резервы. Последние замещают по функции статические (фактические) резервы путей и вагонов.

Если управление развито, а в модели его не отразили, то для обеспечения в модели той же устойчивости в работе, которая есть в реальности, придется динамические резервы заменять статическими. Так и происходило, когда транспортные системы рассчитывали с помощью моделей массового обслуживания. Так как этот аппарат практически не отображает управление, число требуемых путей в парках существенно превышало реально необходимое. То есть реальность существенно искажалась. Для станций и узлов поэтому единственным подходящим методом является имитационное моделирование. Здесь отображается и сложная структура, и случайные процессы, и диспетчерское управление.

Неуправляемые связи в транспортных системах можно «обрывать» и поток задавать как детерминированный или случайный. Потерь особых не будет.

Изучены четыре типа динамических резервов, которые возникают при гибком (адаптивном, управляемом) взаимодействии:

- однородных потоков. Например, при гибком перераспределении порожняка при колебании потребностей у различных получателей;

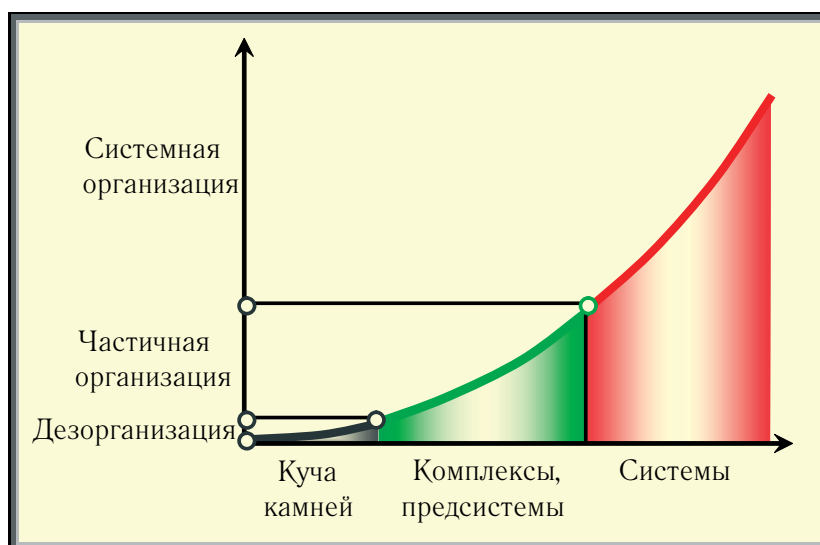


Рис. 1. Уровни организации материальных образований

- разнородных потоков. Включается ускорение одних струй потока, остро необходимых, за счет замедления других, в этой ситуации пока ненужных. Возникает эффект наличия резервов;

- структуры и потока. Структура (функционально) адаптивно подстраивается к потоку за счет изменения режима работы ее элементов, переброски локомотивов и бригад и др.;

- в системе отправитель-транспорт-получатель, когда адаптации подвержены не только транспортные ритмы, но и ритмы производства и потребления.

Границы системы при выборе расчетного объекта следует проводить по слабоуправляемым связям. (А не по связям с низкой интенсивностью).

### Изучение транспортных объектов

Их можно изучать как материальные образования (предсистемы) и как системы. В первом случае исследуют особенности структуры. Во втором — какая есть общая функция, какие параметры ее характеризуют и как работают механизмы поддержания.

Станции, естественно, имеют общую функцию, они для этого создавались. Относительно транспортных узлов утверждать это однозначно нельзя. Может быть, это достаточно случайное образование станций, постепенно возникающих для удовлетворения возникающих потребностей. Припортовые и промышленные узлы, как правило, имеют довольно выраженную общую функцию, транзитные узлы далеко не всегда.

Это касается и часто употребляемого термина «единая транспортная система страны» (ЕТС). Действительно ли она имеет структурную и системную целостность? Однозначно это утверждать нельзя. Есть подсистемы отдельных видов транспорта. Но

вряд ли даже структурно они выстраивались по единому плану. Даже структурной целостностью ЕТС не обладает. Так что даже на звание «предсистема» она не может претендовать.

### Сортировочная станция как система

Функция — переработка потоков (расформирование и формирование поездов).

Поддерживаемые параметры:

- работоспособность;
- выходной поток, соответствующий требуемому по величине и структуре.

Разрушающие факторы:

- выход из строя устройств;
- случайные колебания входного потока по величине и по структуре.

Механизмы поддержания:

- техническое содержание и ремонт устройств;
- управляемое расформирование;
- управляемое формирование;
- переброска локомотивов и бригад.

Управляемое расформирование — режимы выбора состава:

- 1) по замыкающей группе — в обычных условиях;
- 2) по наименьшему времени отпуска — при предельном заполнении предгорочного парка;
- 3) по отсутствию замыкающей группы — когда есть затруднения в процессе формирования;
- 4) переброска локомотивов из подсистемы расформирования в подсистему формирования и обратно при возникшей необходимости;
- 5) частичная передача процесса формирования из подсистемы формирования в подсистему расформирования.



## Литература

1. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. — М.: Наука, 1981. — 487 с.
2. Энгельс Ф. «Система есть ограниченное множество взаимодействующих элементов».
3. Аверьянов А. Н. Система: философская категория и реальность. — М.: Мысль, 1976. — 185 с.
4. Управление, информация, интеллект / А.И.Берг и др. — М.: Мысль, 1976. — 383 с.
5. Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1980. — М.: Наука, 1981. — 424 с.
6. Орловский П. Н., Скворцов Г. П. Системный анализ проблем транспортных узлов. — Киев: Основа, 2007. — 596 с.
7. Аксенов И. М., Разумнова Е. Н. Системность в маркетинге пассажирских перевозок. — М.: Мир транспорта. № 2, 2013. — С. 24–28.