

О природе некоторых понятий анализа систем с позиций инженерной практики

А.Б.Бахур (Научно-внедренческий центр «Интелтех», г. Москва)

Введение.

Рассмотрение систем с позиции выбора альтернатив в ситуации с неопределенностью и их действенной реализации (на основе интегративно-функционального подхода [2]) позволило выявить путь использования системных представлений в инженерной практике. Удалось предложить аппарат для формирования **методов и технологий принятия решений** в тех ситуациях, где ранее это осуществлялось эвристически. Условием его создания стало раскрытие содержательных аспектов, расширяющих возможность использования в практике ряда общеизвестных понятий. К ним относятся: причинно-следственная связь, элемент, структура.

1. Причинно-следственная связь

Понятие “причинно-следственная связь” означает взаимообусловленность проявления различных свойств явлений и процессов. Эта взаимообусловленность фиксируется в виде законов и характеризующих их функциональных зависимостей. При этом различные причины играют разную роль в возникновении следствия (см., например, классификацию причинно-следственных связей, предложенную Д.А.Поспеловым [4]).

Так, если рассмотреть закон Ома $I = U/R$, то очевидно, что для протекания тока необходимо наличие напряжения. Однако для достижения тока определенной силы необходимо конкретное взаимодействие уже двух причин: напряжения и сопротивления.

2. Системный элемент

Общее понимание элемента как минимальной неделимой части недостаточно конкретно для его использования в инженерной практике. Показанный выше смысл понятия “причинно-следственная связь” (в дальнейшем изложении просто «связь») позволяет устранить эту проблему. Ограниченность области использования предложенной трактовки подчеркивается использованием термина “системный элемент”.

В качестве **системного элемента** можно рассматривать любую **элементарную причинно-следственную связь**, если ее следствие представляет интерес для разработчика системы, и, если в ней участвуют только два свойства различных процессов или явлений. При этом свойство, являющееся **следствием**, представляющим интерес для разработчика, рассматривается как **элементарный ресурс управления – возможность влияния на ход некоторого процесса**. Его целенаправленное использование в системном элементе определяется свойством, являющимся **причиной**, которое рассматривается как **элементарный механизм управления**. В составе системного элемента эти компоненты неразделимы, подобно полюсам магнита.

Продолжая пример с законом Ома, можно сказать, что возможность изменения силы тока используются с целью оказания влияния на ход некоторого процесса и является элементарным ресурсом управления. Это изменение представляет из себя следствие двух причин: изменения напряжения и изменения сопротивления. На этом примере видно, что закон Ома описывает композицию двух системных элементов – они могут использоваться отдельно (изменение напряжения при постоянном сопротивлении или изменение сопротивления при постоянном напряжении) или совместно. Очевидно, что элементарный механизм управления в свою очередь может стать ресурсом управления, но уже в составе другого системного элемента (так, если целью рассматривать изменение силы тока, то элементарными ресурсами управления уже станут возможность изменения напряжения и возможность изменения сопротивления, а элементарными механизмами управления – причины этих изменений).

Очень важно отметить то, что элементарные механизмы управления могут быть активными и пассивными. Разделение на активные и пассивные возможности управления произведено еще Л. фон Берталанфи [9], проблемно-ориентированную трактовку этого разделения можно найти в [2]. Для целей данной статьи важно, что пассивные механизмы управления реализуются в виде свойств конструкции (и выбираются один раз при разработке изделия), а активные в виде устройств – приборов, агрегатов и их составляющих, имеющих возможность неоднократно менять свойства в процессе функционирования созданной системы.

Предложенное определение системного элемента дает подход к анализу участия разнородных процессов (механических, газодинамических, электрических и т.п.) в функционировании сложных систем. Каждая часть какого-либо изделия (для которой, как правило, применяются понятия «элемент конструкции», «устройство» и т.п.) может быть описана как конструктивно исполненная композиция системных элементов, независимо от их природы. Эта композиция может обладать интегративными качествами (см., например, [3]). По сути это является положениями теории решения изобретательских задач (эффективно применяемой Г.С.Альтшулером и его последователями на практике [1]), на недостаточность концептуальной характеристики которой указывал еще М.И.Сетров [5].

К примеру, стержень в конструкции может рассматриваться как реализация механической и тепловой связей. Будучи предназначенным для обеспечения формы конструкции, он может быть использован и для отвода тепла, что, в свою очередь, может снизить функциональную нагрузку на специально создаваемые для этого устройства. Стержень как средство механической связи, представляет собой композицию четырех системных элементов, что зафиксировано законом Гука. Следствие (деформация d стержня) определяется действующей нагрузкой P , длиной стержня l , свойствами материала E и сечением S . Стержень как средство тепловой связи представляет собой композицию трех системных элементов. Следствие (тепловой поток Q) определяется разницей температур DT , свойствами материала l и сечением S .

3. Структура

Предложенная трактовка физической природы понятий «причинно-следственная связь» и «системный элемент», позволяет увидеть некоторые новые аспекты понятия «структура» и использовать их для применения системных представлений в инженерной практике.

Под структурой понимается совокупность устойчивых связей [6]. Для конкретизации этого положения рассмотрим следующую ситуацию. Предполагая в конечном итоге осуществить воздействие на внешнюю ситуацию, способствующее достижению поставленной цели, разработчик выбирает возможности влияния на нее (ресурсы управления). Но средства инициализации, которые он может использовать, как правило, не находятся в прямой и непосредственной связи с этими ресурсами управления. Их соединение основано на различных вариантах применения принципа усилителя мощности [8].

В простейшем случае это последовательная цепочка системных элементов. В ней элементарным механизмом управления первого будет выбранное инициализирующее воздействие. Далее элементарный ресурс управления становится элементарным механизмом управления последующего системного элемента. И так до достижения ресурса управления, осуществляющего выбранное воздействие на внешнюю ситуацию. Очевидно, что вероятность разрыва в цепочке причинно-следственных связей зависит от ее длины. Для обеспечения устойчивости воздействия формируются более сложные схемы – цепочки системных элементов могут быть частично или полностью запараллелены, могут образовываться общие узлы, т.к. использование одного и того же элементарного механизма управления может приводить к влиянию на разнородные элементарные ресурсы управления (в примере со стержнем это изменение сечения или свойств материала) и т.п.

Вышеизложенное позволяет дать проблемно-ориентированную трактовку понятия структуры как совокупности причинно-следственных связей (системных элементов), обеспечивающей инициализированное целенаправленное воздействие на внешнюю ситуацию. Только структурное воздействие может обеспечить комплексный результат, не достигаемый отдельной цепочкой причин и следствий.

3. Возможность развития аппарата анализа систем

Отмеченная физическая природа причинно-следственных связей и принятые определения понятий “системный элемент” и “структура” создают предпосылки для развития некоторых слабоформализованных аспектов математического аппарата анализа систем.

Для этого введем положение: каждый системный элемент описывается функцией одной переменной $y = f(u)$, где u характеризует изменение проявления свойства какого-либо явления или процесса как следствие изменения проявления другого свойства u . Соответствие этого положения смыслу понятия «системный элемент» можно увидеть в том, что функцию одной переменной можно считать «математическим элементом» в последующих построениях.

Эти функции принципиально имеют два вида:

- зависимость, формализующая проявления свойств в системном элементе с пассивным управлением;

- запись, формализующая закон управления в системном элементе с активным механизмом.

Тогда цепочку причинно-следственных связей от инициализации до воздействия на внешнюю ситуацию можно описать как сложную функцию

$$Y = f_n(f_{n-1}(\dots(f_1(U))\dots))$$

Здесь вектор-функция Y характеризует оказываемое воздействие на внешнюю ситуацию, а вектор-переменная U – инициализирующее воздействие, обусловленное достигаемой целью и внешними условиями, n – количество системных элементов.

Использование этой формы функциональной зависимости при описании сложных ветвящихся структур может быть основано на следующих положениях:

1) звено цепи, где один механизм управления оказывается задействован в нескольких системных элементах, является точкой ветвления – возникновения параллельных цепей;

2) звено цепи, где для достижения одного следствия используется несколько механизмов управления является точкой схождения, для характеристики которой используется функция нескольких переменных

$$y = f(u_1, u_2, \dots, u_m)$$

Здесь y характеризует проявление свойства, представляющего собой следствие, а множество аргументов u – проявление свойств-причин. m – количество системных элементов, сходящихся в данной точке структуры.

Следует отметить, что в настоящее время нет математических методов, позволяющих в общем случае получить в явном виде функцию $Y = f(U)$, позволяющую аналитически исследовать сформированную структурную организацию системы.. Это обусловлено как многообразием маршрутов, по которым инициализирующее воздействие будет доведено до реализации, так и сложным характером переплетения этих маршрутов. К такому же выводу пришел в свое время В.В.Шакин [7].

Заключение

Предложенные трактовки понятий позволили показать их физическую природу. Это прояснило содержательную картину исследования систем, создало предпосылки для формирования процедур их анализа (путем членения на системные элементы), синтеза и конструктивного оформления.

Обращение к физической природе понятий позволило сформулировать предпосылки для дальнейшего развития математического аппарата анализа систем.

В целом можно считать, что предложенные определения позволяют снять критические замечания М.И.Сетрова [5] к понятийному аппарату современных системных представлений.

Литература

1. Альтшулер Г.С. *Алгоритмы изобретения*. - М.: 1969г.
2. Бахур А.Б. *Система как образ механизма организации*. //С-Пб. “М ОСТ” 1999г. N 31
3. Николаев В.И., Брук В.М. *Системотехника: методы и приложения*. - М.: Машиностроение, 1984г.
4. Поспелов Д.А. *Ситуационное управление: теория и практика*. - М.: “Наука” 1986г.
5. Сетров М.И. *Основы функциональной теории организации*. - Л.: “Наука”, Лен.отд., 1972г.
6. Структура. //Философский энциклопедический словарь. М.: «Советская энциклопедия», 1983г, (стр. 657)
7. Шакин В.В. *Параметрическая идентификация параметрических моделей*. //“Биосистемы в экстремальных условиях” ВЦ РАН 1996г
8. Эшби У.Р. *Введение в кибернетику*. ИЛ 1959г
9. Bertalanffy L. Von. *General System Theory (Foundation, Development, Application)*, G. Brazillier, N.-Y., 1973.