

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ СИСТЕМ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Довгань И.В., Колесников А.В., Шарыгин В.Н., Семенова С.В.

(Одесская государственная академия строительства и архитектуры г.Одесса)

Розглянуто основні положення тріадної теорії систем та можливість їхнього використання для аналізу структури та властивостей будівельних матеріалів.

Одной из важнейших задач современного строительного материаловедения является исследование процессов структурообразования строительных материалов для создания изделий с требуемыми прочностными и физико-химическими свойствами. Композиционные строительные материалы можно представить как сложные неравновесные системы, при исследовании которых можно применить некоторые методы общей теории систем (ОТС). Поэтому представляет интерес рассмотрение различных вариантов ОТС и анализ возможности их применения при изучении процессов формирования структуры строительных материалов.

Тенденцией современного естествознания является переход к исследованию все более сложных систем, для чего часто привлекается новый категориальный аппарат. От сравнительно простых категорий дедуктивно-логической теории, сформировавшейся в математическую логику, происходит переход к большему вовлечению индуктивных методов и методов аналогии, которые в последнее время повсеместно распространились в виде науки о моделировании.

Одновременно возросло количество работ по общей теории систем [1,2,3]. Одной из привлекательных черт разных версий ОТС является возможность ведения рассуждений на стадии лишь частичного перехода к формально-логическому или какому-либо другому математическому виду, т. е. фактически метарассуждений. Несмотря на отсутствие привычных форм представления знаний, метарассуждения должны иметь характер умозаключений, обладать дедуктивными свойствами. Один из ключей применимости и полезности того или иного варианта ОТС состоит в формализации умозаключений такого вида.

Одним из вариантов теории систем (ТС), охватывающий достаточно включающий системный пласт, является структурно-функциональная теория систем [4, 5]. Она насыщена в содержательном плане, ее развитие и обобщение представляется достаточно интересным. В то же время известно, что развитие любой философской картины мира выводит в конце концов ее за рамки исходных взглядов. Любые варианты ТС представляют собой формализацию части такой картины и разделяют ее судьбу. Таким образом, в данной работе структурно-функциональная теория систем (СФТС) выбрана в качестве основы, позволяющей далее перейти к более общей триадной теории.

Определение системы, согласно СФТС, основывается на понятии структурно-функционального единства. Системой S считается упорядоченная тройка объектов [4] (1):

$$S = \langle \Sigma, T, \Xi \rangle \quad (1)$$

где Σ – структура объекта, характеризующая общие свойства элементов, из которых состоит система, а также связи между ними (понимаемые в общем виде как отношения), т. е. задает, в частности, и топологию системы, T – функция объекта, определяющая “поведения” объектов и связей, т.е. фактически, его динамическую траекторию или множество сигналов, Ξ – эмерджентность, функция целостности, соответствие между Σ и T .

Определение (1) далее в [4] рассматривается как интуитивное (“мета-определение”), наполняемое конкретным содержанием с помощью математического аппарата, основанного на теории множеств и более частных математических структур – списков, графов, гиперграфов и структурных чисел. В связи с этим приходится признать существенность для данного варианта СФТС критики теории систем, непосредственно использующих теорию множеств и более частных структур [1]. Конкретизация подобного вида важна для многих прикладных задач, например, проблем обработки информации, но она может быть проведена

позднее. На этапе формирования понятийного аппарата она сразу ограничивает экстенциональную мощность рассматриваемой теории.

Интуитивно ясные понятия структуры и функции требуют более тщательного логического рассмотрения, т.к. все “интуитивно ясные” категории предполагают произвол в определении, причем в разных определениях подчеркиваются различные свойства, например, как в формулировках понятия “система”[1].

Под структурой объекта понимается в данном случае совокупность наиболее устойчивых его свойств. Для динамических объектов они постоянны или медленно изменяются. Так, при рассмотрении организма человека древние греки выделяли прежде всего основу его структуры – скелет, который и оставался центральным элементом медицинских теорий тех времен (например, гипостазирования функции). Говоря о структуре динамических явлений, мы прежде всего рассматриваем их инвариантные, не изменяющиеся со временем свойства, характерные черты (гамильтоновы структуры в классической механике, например).

Под функцией объекта понимается его проявления в отношении с другими объектами, с внешней средой. С другой стороны, понятие функции часто связывается с идеей целенаправленности, целевого функционирования объектов. В рассматриваемом формализме к функции в расширенном понимании логически верно будет отнести те свойства, которые не были отнесены к структуре. Такой подход интуитивно ясен – к функции относится все то, что может легко и быстро изменяться, порождая сложные отношения объекта с окружающей средой, при этом часть существенных свойств остаются неизменными.

Рассматривая определение (1), находим, что эмерджентность Ξ – это соответствие между структурой и функцией, для нее верно (2)

$$\Xi \subset \Sigma \times T \quad (2)$$

т.е. эмерджентность можно рассматривать как часть прямого произведения элементов структуры и функции.

В естественных науках, часто имеющих дело с материальными системами, особенно ясно, что структура и функция часто не только соответствуют друг другу, но и оказывают взаимное влияние, т.е. и эмерджентность выходит за рамки простого соответствия (2). В материальных системах она носит субстанциональный характер, ей может соответствовать вполне реальная подсистема. Приведем два примера из различных областей знаний.

Первый пример – биологический. В живой клетке функцией является, в частности, электрическая и химическая активность, связанные с относительно быстрыми процессами, структурой справедливо считать пространственные отношения между ее компонентами. В качестве эмерджентной системы можно указать метаболическую биохимическую систему с наиболее важной ее подсистемой – энергетической, связанной с поддержанием концентрации АТФ, и тесно связанную с ней ионную.

В строительном материаловедении функцией любого материала, например, вяжущего, является совокупность переданной ему формы и структурно-механических свойств, т.е. те аспекты, которые достаточно хорошо рассматриваются в теории сплошных сред. В то же время, структурой с точки зрения СФТС является физико-химическое строение минеральных форм, его образующих. Эмерджентной подсистемой будет здесь средний иерархический уровень, поликристаллическая трехмерная сеть, которая, в свою очередь, может иметь иерархическое или кластерное строение [6]. Сложности в задачах материаловедения возникали из-за попыток рассмотреть элементы логической триады (1) для соответствующего класса систем отдельно друг от друга.

Определение (1) представляется возможным переработать с целью его обобщения. Ценным в (1) является его тройная структура и (приблизительно) содержательная часть каждой из компонентов.

Для такой переработки имеются логико-философские основания. Такие основания легко находятся в диалектике, а именно в онтологии. Как хорошо известно, базовым понятием здесь является диалектическая триадичность, движение от тезиса к антитезису и далее к синтезису, становящимся тезисом новой триады. “Чистое бытие” и “ничто” вступают в процесс становления, в результате чего проявляется “наличное бытие”[7]. Еще Гегель подчеркивал, что эти абстрактные категории имеют непосредственное отношение как к мыслимым, так и к материальным объектам нашего мира. Возможности преобразования диалектики в формальную систему надо полагать полностью не раскрытыми и, возможно, недооцененными. Одной из

реализаций этой идеи следует рассматривать работу [1], где тезисы “чистое бытие” и “наличное бытие” в переработанном виде принимаются за категориальную основу языка системного подхода, имеющего на сегодняшний день состояние, близкое к завершенности и чрезвычайно полезного для исследования систем [1,8].

Представляет интерес рассмотрение основных диалектических категорий в плане возможности такой их интерпретации, при которой сохраняются наиболее ценные зерна метода – содержательный характер категорий и триадичность. Как будет показано далее, при дальнейшей формализации получаем описание, родственное структурно-функциональному подходу.

Для этого произвольный объект мы будем рассматривать как тройной (3):

$$O = \langle S, F, E \rangle \quad (3)$$

Первым в тройке следует инвариантный аспект объекта S, его сущность, далее – его непостоянный, изменчивый или динамический аспект, связанный с проявлением объекта в окружающей среде F и затем – третий, объединяющий или эмерджентный его аспект E. Последний возникает на этапе становления из первого и второго. Практически, это части обоих аспектов, сместившиеся в сторону своих противоположностей, смешавшиеся и породившие новое качество. Можно построить несколько интерпретаций триады, где для каждой из них содержательные стороны соответствующих элементов близки. При обобщении смыслового содержания для каждой категории приходим к их истинному смыслу.

Таблица 1.Триада и ее интерпретации

S	F	E
тезис	антитезис	Синтезис
чистое бытие	ничто	Наличное бытие
пространственная структура	динамизм	Синергия
сущность	проявление	Качество
объект (вещь)	свойства и отношения	Качество

Из таблицы 1 ясна фундаментальность значений каждой из категорий. Каждая из приведенных интерпретаций подчеркивает какой-либо сторону существования элементов триады. Одним из способов обращения со столь абстрактными категориями, известным, начиная с античных времен, является замена их числами. Наши обозначения S, F, E призваны играть ту же роль, с другой стороны они более удобны в формулах и подчеркивают органическую связь с СФТС.

Содержание таблицы 1 требует некоторых пояснений. Что понимается под термином “чистое бытие” по отношению к какому-либо объекту? Это наличие только тех свойств (внутренних), за пределами которых объект перестает быть таковым. Что представляет собой “ничто” в тех же условиях? Сопутствующие, дополнительные свойства. Процесс становления затрагивает оба эти аспекта, в этом сущность диалектического взгляда. В результате становления часть сопутствующих дополнительных свойств закрепляется и проявляется всегда индивидуальное наличное бытие. Следует отметить, что отношения здесь рассматриваются как свойства [9]. Далее, единство структуры и динамизма порождают новое качество, для которого нет строго установившегося названия и мы позволим себе применить термин “синергия”. Это новое качество ярко проявляется в природных объектах. Наконец, возможно построить определение системы, основанное на диалектической триаде. В основу определения ставится объект (вещь) как элемент первой категории. Для вещи характерны свойства и отношения, но ни она сама по себе, ни взятая в совокупности со свойствами и отношениями системы не дадут – определение слишком широкое [1]. Определение системы можно получить, если фиксировать свойства, а отношения взять произвольными, подчиненные свойствам, либо применить противоположный прием и фиксировать свойства. Предлагается наряду со ставшими уже классическими двумя двойственными определениями системы, основанными на трех категориях “вещь, свойство, отношение” [1], использовать другую триаду, не менее существенную: “сущность, проявление, качество”, для чего необходимо привлечь еще одну аристотелеву категорию – качество, совокупность наиболее важных свойств и отношений, тесно связанных с вещью. Системой мы будем называть объект (сущность), имеющий некоторые свойства и связанный некоторыми отношениями (проявление), соответствующими заданному качеству (4).

$$Sis[A(E)] \equiv A\{S, F, E\} \quad (4)$$

Все выражения (1-4) справедливо рассматривать как схемы определений, нуждающиеся в дальнейшей формализации.

С точки зрения теории познания схему определения (4) следует дополнить. Каждый из аспектов триады можно рассматривать как объекты, имеющие бесконечно много свойств [9]. Одни свойства участвуют в процессе становления, другие – нет. По этой причине необходимо на новом уровне вернуться к понятию соответствия и дополнить триаду отношениями (5):

$$R \equiv \{R(S, F), R(F, E), R(S, E), R(S, E, F)\} \quad (5)$$

определяющими, по каким свойствам и в какой мере происходит процесс становления. Если изобразить символическую диаграмму рассматриваемых систем, то получится весьма наглядная структура (Рис.1).

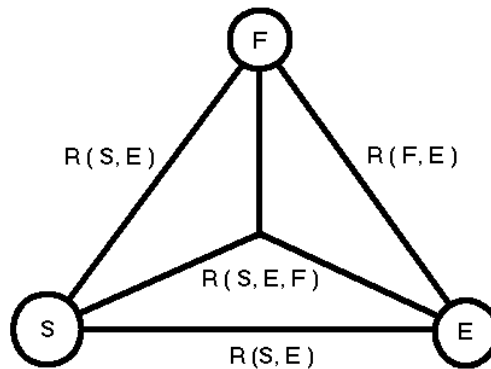


Рис.1. Диаграмма обобщенной триадической системы $A(S, F, E, \{R\})$

Отношения соответствия $\{R\}$ будем предполагать неявно заданными.

Рассмотренные выше определения позволяют без дальнейшей формализации указать возможность типологической классификации систем. Совершенно ясно, что в системах разного вида могут преобладать различные аспекты. В хорошо структурированных системах, например таких, как строительные материалы и конструкции из них, будет преобладать структурный аспект. При рассмотрении систем молекул идеального и реального газов будет преобладать изменчивый, динамический аспект, при рассмотрении целого ряда социальных систем и явлений (например, изучаемых психологией), будет преобладать аспект качества. Для наброска соответствующей типологической схемы рассмотрим последовательность трех символов, преобладающие аспекты будем отмечать заглавными буквами: $Sfe, sFe, sFE, SFe, SFE, SFE$. Здесь учитывается упрощение, при котором преобладание соответствующих пар и тройки аспектов неразрывно связано с мерой их соответствия друг другу. Таким образом, предлагаемый принцип классификации возможно развить и усложнить. Тем не менее, семерка типов систем представляется наглядной и важной для системного анализа. Отметим здесь, что последний тип SFE видится наиболее ценным для синтеза целенаправленных систем. Здесь мера соответствия между всеми тремя аспектами высока.

Приведенные выше определения (1-4), как уже подчеркивалось, являются неформальными и интуитивными. В дальнейшем представляется возможным сделать несколько шагов в сторону формализации рассматриваемой теории. Для этого можно рассмотреть семерки объектов вида (6):

$$\{S_i, F_i, E_i, SF_i, FE_i, SE_i, SFE_i\} \quad (6)$$

Каждый из элементов (6) имеет соответствие на рис. 1. Первые три объекта здесь постоянные (структурные), функциональные (изменчивые) и эмерджентные, связанные с качеством, компоненты. Далее следуют структурно-функциональная, функционально-эмерджентная и структурно-эмерджентная

подсистемы, SFE_i – все три компоненты во взаимосвязи. С помощью такой формализации триадной теории систем возможно описание различных типов систем: иерархической, эволюционной и составной.

Вывод. Таким образом, триадная теории систем может рассматриваться как абстрактная методологическая основа построения различных математических моделей, в частности моделей строительных материалов с целью анализа механизмов структурообразования и формирования физико-химических свойств.

Литература

1. Уемов А. И. Системный подход и общая теория систем. М., «Мысль», 1978, 279с.
2. Месарович М, Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М., «Мир», 1973, 358 с.
3. Кулик В. Т. Математическое описание концепции систем – В кн. «Системный анализ и алгоритмизация производственных процессов», Киев, Ин-т кибернетики АН УССР, 1973
4. Дубров Я. А., Штелик В. Г., Маслова Н. В. Системное моделирование и оптимизация в экономике, Киев, «Наукова думка», 1974, 255с.
5. Кузнецова В. Л., Раков М. А. Самоорганизация в технических системах, Киев, «Наукова думка», 1987, 200 с.
6. Выровой В.Н. Физико-механические особенности структурообразования композиционных строительных материалов. Автореферат дис.... доктора техн.наук.-Л.: 1988.-37с.
7. Кузнецов В. Н. Немецкая классическая философия, М., «Высшая школа», 1989, 478 с.
8. Уемов А. И. Об одном варианте логико-математического аппарата системного исследования – В кн. «Проблемы формального анализа систем».,М, «Высшая школа», 1968
9. Уемов А. И. Вещи, свойства и отношения, М., Изд. АН СССР, 1963, 183 с.