

О полноте выполнения принципа действия систем.

©Рубин М.С., Санкт-Петербург, Россия, 2011

ЧЕРНОВИК

Ключевые слова: принцип действия систем, принцип работы, физиология, морфология систем, система функций, структура функций, ткань системы, функционально-подобные системы, функционально-идеальная модель, параметрическое описание систем, закон полноты выполнения принципа действия.

1. Введение.

Знание принципа действия той или иной системы необходимо для ее правильной эксплуатации, обслуживания, развития (включая прогнозирование) и объяснения уже произошедшие события, например, сбоев или аварий. Построение принципа действия систем необходимо для анализа функционирования и филогенетического развития систем, создания классификаций, выделения трендов и прогнозирования развития систем, для осуществления переноса функций, свойств и трендов развития между подобными системами.

Несмотря на очевидную важность принципа действия для развития систем, довольно много вопросов связано с представлениями о том, что же такое «принцип действия», как его можно формировать и описывать, как это понятие связано с другими понятиями в ТРИЗ.

В статье будут рассматриваться не только технические, но и другие системы, для развития которых понятие «принцип действия» не менее важно.

2. Не только в технике.

По результатам анализа частоты запросов в поисковых системах можно были выделены 4 основные области, для которых применяются понятия, близкие к понятию «принцип действия»:

- технические системы (например, принцип работы какого-то устройства, технологии, электрической схемы)
- информационные системы, сети, компьютерные программы (например, принцип работы той или иной программы)
- биологические системы (чаще применяется совместно с понятием физиология, например, «Физиология сердца - принцип работы системы кровообращения»)
- юридические и правовые системы, управление и бизнес (например, «Принцип построения управления персоналом» или «Бизнес модель - 7 базовых принципов», Правовые принципы в законодательстве).
- научные системы, научные понятия (например, «построение принципиальной модели, объясняющей явление прилипания-скольжения», «Принципиальная модель системы, обладающей способностью к самоосознанию»).

Итого	
принцип работы	
принципиальная схема	
физиология	
принцип действия	
принцип права	

Из анализа запросов в поисковых системах можно выделить несколько основных синонимических выражения для понятия «принцип действия»: принцип работы (самый распространенный запрос из этого ряда), принципиальная схема, физиология (растений и животных).

Мы постараемся выделить общие подходы к описанию этих понятий в разных областях человеческой деятельности.

Принцип действия (в дальнейшем мы будем иметь ввиду под этим названием и принцип работы, и принципиальную схему, и физиологию) можно формулировать:

- для функционально-ориентированных систем (например, технические системы, программы, органы растений и животных)
- для саморазвивающихся систем (например, экосистемы, социальные сети, город, цивилизации и т.д.)

Принцип действия может описывать систему в онтогенезе или в филогенезе. Несколько забегаая вперед можно отметить, что принцип действия мы будем описывать на основе системы функций (функциональная модель), морфологии (структурно-компонентная модель) и «ткани» (то, из чего создаются элементы и поля взаимодействия) системы.

Для описания принципа действия систем различной природы и из различных областей деятельности человека мы будем использовать единые подходы и единый модельный язык.

3. Многовариантность описания принципа действия.

Принцип действия системы – это модель, которая выстраивается человеком и соответственно имеется многовариантность в этом процесс и в получаемом результате. Одну и ту же систему можно описать разными моделями принципа действия.

3.1. Разные аспекты рассмотрения.

Для одной и той же системы принцип действия можно описать с разных аспектов. Например, принцип действия обычного производственного предприятия можно описать с позиций технологического процесса, в аспекте бизнес-процессов, в юридическом аспекте и т.д. Каждый из этих принципов действия будет описывать систему со своего аспекта.

Все аспекты рассмотрения систем можно разделить на материальные и нематериальные. Можно выделить всего 4 материальных аспекта описания принципа действия системы: физический, химический, биологический, технический. Можно выделить несколько основных нематериальных аспектов описания систем: социальный, художественный, эстетический, психологический, лингвистический, экономический, финансовый, юридический, политический и т.д.

Все нематериальные аспекты рассмотрения систем, так или иначе, связаны с материальными аспектами, но в некоторых случаях эту связь можно не учитывать для рассмотрения конкретной системы и задачи. Например, для анализа алгоритмов и программ не обязательно рассматривать «железо», на базе которого эти алгоритмы и программы реализуются.

Во многих случаях принцип действия одной и той же системы можно описывать как «конструкцию» и как «технологию» в зависимости от того, как это удобно сделать в том, или ином случае. В первом случае элементами модели являются «объекты» и их функции, а во втором – операции и их функции. Например, при моделировании электрических сетей часто удобнее рассматривать систему не как конструкцию, а как технологический процесс с операциями преобразования сигналов.

3.2. Что раньше: модель или система?

Можно выделить две принципиально разные ситуации, при которых создаются модели принципа действия систем:

- система уже есть и для ее анализа создается модель принципа действия
- системы еще нет (например, программного продукта) и для ее создания вначале придумывается принцип действия: из каких частей она будет состоять, какие функции будут выполняться.

В некоторых случаях моделирование можно начать с позиции, словно системы еще нет (хотя на самом деле она есть) и воссоздавать ее принцип действия с нуля. Полученную

модель затем можно сравнивать с реальными системами. Подобный подход будет проиллюстрирован в разделе 4 на примере модели расходомеров.

Отдельным случаем можно считать создание модели принципа действия для филогенеза системы. В этом случае возникает вопрос самого предмета для рассмотрения и очень важной становится создание картотеки: какие бывают системы, которые мы хотим проанализировать. Например, при создании модели текстового редактора нужно ли в качестве источника, создающего текст включать только человека или иметь ввиду еще и машину (автомат)? А в случае с получением отредактированного текста: это может быть человек или машина? Что учитывать в модели?

3.3. Разная детализация описания принципа действия.

Приведу один пример обобщенного описания очень крупной системы. В рамках одного из исследований мне как-то пришлось описывать модель принципа действия цивилизации. Любой цивилизации: и в наше время, и в прошлые века, на разных континентах, на разном уровне развития. Была собрана информация о цивилизациях, о том, как они развивались, определять из каких элементов состоят цивилизации, какие модели уже созданы для описания цивилизаций. Что вообще такое цивилизация? В результате получилась очень простая модель. Цивилизация – это процесс превращения естественной (уже существующей) окружающей среды в искусственную при помощи культуры. То есть два элемента (естественная среда и искусственная среда) связаны полем взаимодействия – культурой. Принцип действия цивилизации оказался работоспособным для самых разных ситуаций: от мировой цивилизации до небольшого поселка. Модель можно детализировать: из чего состоит естественная среда, из чего состоит искусственная среда, из каких элементов состоит культура. Можно выделять отдельные потоки или элементы в этой модели (например, информационные) и составлять принцип действия уже для этих подсистем. Естественно, модели не должны противоречить друг другу. Таким образом, возникает комплекс моделей принципов действия, в которых акцент делается на разные процессы с разным уровнем подробности описания.

3.4. Разные исходные парадигмы.

Во времена египетских фараонов принцип действия часов принципиальным образом отличался от принципа действия часов более позднего времени: длительность одного часа ночью и днем отличались друг от друга. Дело в том, что ночь была короче (или длиннее) дня, а количество часов в них были тогда приняты одинаковыми для удобства проведения религиозных служб.

Модель принципа действия солнечной системы во времена Птолемея коренным образом отличается от современной модели.

Многие аварии или ошибки, так или иначе, могут быть связаны с искаженным представлением принципа действия той или иной системы. Например, модель принципа действия Чернобыльской АЭС у руководства этой станции в день аварии явно не соответствовала реальности.

3.5. Развитие моделей принципа действия

Модели принципа действия могут быть многовариантны просто от того, что они развиваются. Можно выделить два типа развития моделей принципа действия:

- Сама система не изменяется, а ее описание модели принципа действия изменяется, уточняется, развивается
- Создается новая модель принципа действия, для системы которой еще нет или которая является развитием известной системы.

Для разного типа развития модели принципа действия используются разные подходы, методики, инструменты развития.

Приведенные примеры показывают многовариантность создания моделей принципа действия для одних и тех же систем.

4. Морфология систем

Выше уже было сказано, что для описания принципа действия системы мы будем использовать три его составляющих: описание морфологии системы, функции системы, и ткань системы. В этом разделе речь пойдет о морфологии.

В ТРИЗ наиболее близким к морфологии понятием является компонентно-структурная модель. В биологии – это морфология растений и животных, анатомия человека. В программировании – это основные блоки и структура программ. В бизнесе – элементы, из которых формируется бизнес: продукт или услуга, их производство, система продаж, источники финансирования, система управления и т.д.

При рассмотрении морфологии нетехнических систем могут быть свои особенности. Например, при рассмотрении живых, естественных систем можно описывать морфологию (и принцип действия) только уже существующих систем: животных, растений, экосистем, явлений природы. В технических и в других искусственных системах часто приходится поступать наоборот: в начале придумывается принцип работы системы и только потом создается сама система.

Для прогнозирования развития систем в филогенезе возникает необходимость в создании модели принципа действия обобщенных систем. Мы уже приводили пример описания принципа действия любой цивилизации. Морфология этой модели может быть описано тремя составляющими: естественная среда, искусственная среда и культура, преобразующая естественную среду в искусственную.

Другой пример – обобщенная модель городского транспорта. Морфология минимальной обобщенной модели этой системы может состоять из пяти элементов¹:

- транспортные средства (перемещают людей и/или грузы)
- дороги (удерживают транспортные средства, создают точку опоры для разгона и торможения транспортного средства – это, например, автомобильные и железные дороги, воздушные и водные транспортные коридоры)
- система управления транспортными потоками
- устройства загрузки-выгрузки пассажиров и грузов (остановки, станции, склады, стоянки, гаражи и т.д.)
- источники энергии

Построение обобщенной модели принципа действия системы позволяет анализировать общие для всех видов городского транспорта закономерности развития. Дальше эта модель может детализироваться для конкретного вида транспорта, для конкретного города, для того или иного времени. Таким образом, обобщенные элементы и их взаимодействия могут наполняться той или иной «тканью», из которых эти элементы могут быть построены. О ткани системы пойдет речь ниже.

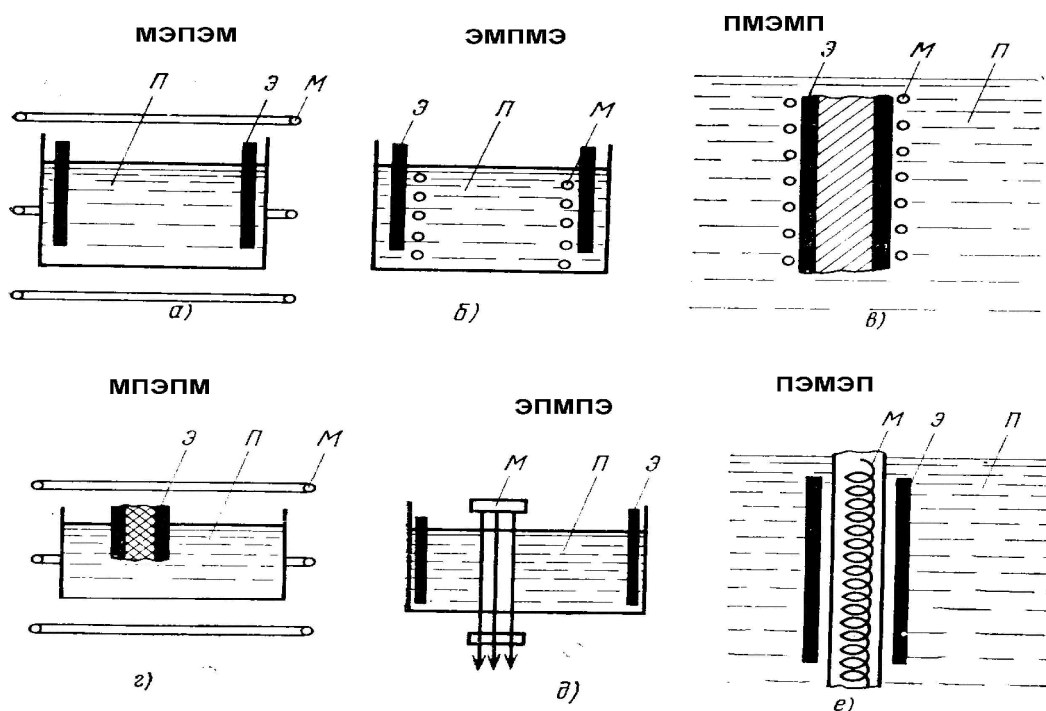
Казалось бы, что нет ничего проще – составить морфологию, перечислить элементы, из которых состоит система и показать, какие из них связаны друг с другом. В качестве примера рассмотрим анатомию человека (морфологию системы человек): включать ли в число элементов этой системы колонии микроорганизмов или нет? Включать ли воздух в легких в число рассматриваемых элементов или нет? Кожа, слизистые и оболочки внутренних органов имеют сходную структуру – нужно их объединить в единый элемент организма или нет? Подобные же сложности могут возникать при рассмотрении морфологии не только биологических, но и технических систем, программных комплексов? Информационных и других систем.

¹ <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4497>

В качестве примера описания морфологии нематериальных систем можно выбрать описание модели лизинга: долгосрочная аренда оборудования или зданий с их последующим выкупом арендатором. Эта довольно уникальная по своим свойствам финансовая услуга состоит из следующих обязательных составляющих: объект лизинга, лизингодатель, лизингополучатель, право собственности на объект лизинга, лизинговые платежи, договор лизинга. В этой финансовой системе речь идет исключительно о финансовом аспекте этих элементов и соответствующих параметрах: залоговая стоимость объекта лизинга, цена объекта лизинга, размер предоплаты лизингополучателя, сроки и размер лизинговых платежей, момент перехода права собственности и т.д. К этой системе могут быть добавлены другие элементы: поставщик объекта лизинга, кредит, страховка, налогообложение и т.д. Форма лизинга во многом может определяться значением тех или иных параметров элементов морфологии этой системы. Например, если лизингополучатель одновременно является поставщиком объекта лизинга, то это – возвратный лизинг. Морфология (компонентно-структурная модель) лизинга во многом определяет и финансовые процессы, которые реализуются в процессе лизинговых операций.

В приведенном примере морфологии финансового лизинга хотелось бы отметить, что в ней присутствуют элементы и поля взаимодействия, связывающие эти элементы между собой. В случае лизинга полями взаимодействия могут быть различные договора (лизинга, купли-продажи, страхования, залога и т.д.), действующее законодательство, сопутствующие социально-психологические и экономические связи, судебная система и т.д.

Морфология – самостоятельная часть описания принципа действия не обязательно зависящая от выполняемых функций в системе. Вспомним известный пример морфологического ящика на основе описания принципа устройства электромагнитного расходомера [1, 3].



В этой модели можно выделить три основных элемента: измеряемый поток (П), введенные в этот поток электроды (Э) и расположенная снаружи магнитная система (М), создающая магнитное поле. Поток пересекает магнитные силовые линии, и на электродах возникает электродвижущая сила, соответствующая измеряемому потоку. Структуру исходной конструкции можно записать так: МЭПЭМ. В центре - поток, с обеих сторон

потока - электроды, снаружи - магнитная система. Очевидно, путем перестановки частей можно получить еще пять конструкций; ЭМПЭ (б); ПМЭП (в); МПЭП (г); ЭПМЭ (д); ПЭМЭ (е).

К моменту, когда такой морфологический анализ провели впервые, были известны только лотковый расходомер по схеме МЭПЭМ и лаг (измеритель скорости) со схемой ПЭМЭП. Четыре схемы оказались новыми, имеющими свои особенности и преимущества. Например, схема МПЭПМ позволяет измерять локальный расход по ширине потока. Лаг по схеме ПМЭПМ работает на внутреннем магнитном поле соленоида и потому более чувствителен, чем лаг по схеме ПЭМЭП, работающий на поле рассеяния.

Совершенно аналогичную морфологическую структуру можно построить и для магнитного фильтра. Он включает магнитную систему (М), ферромагнитный порошок (Ф), сквозь который проходит поток запыленного воздуха (обозначим этот поток буквой И - изделие). Структура фильтра МФИФМ. Ясно, что возможны еще пять структур: ФМИФ; ИМФИ; МИФИМ; ИМФИ; ФИМИФ.

В этих структурах изделие и поток могут иметь разные состояния: газ, жидкость, твердое тело (например, стальной стержень или дробь), эластичное тело (резина), порошок. Получится таблица, содержащая 30 клеток, причем в них окажутся схемы самых разных по функциям технических систем: расходомеры, сигнализаторы, фильтры, управление потоками и изделием, обработка изделия или потока и т.д.

Морфологический анализ как раз и позволяет вначале предложить ту или иную морфологию системы, а только потом рассмотреть возможные функции на ее основе.

5. Системы функций и принцип действия.

Нет необходимости доказывать значимость функций и их описания для моделирования принципа действия. В этом разделе мы сделаем акцент на другом: на подобии в разных системах набора функций и их взаимодействии между собой.

Еще до 1880 года Эдисон поставил задачу не просто создать электрическую лампочку, а воспроизвести всю цепочку функций, которая была к тому времени воспроизведена в системе газового освещения: генерация (газа или электричества), доставка к необходимому месту (газа или электричества), измерение расхода и потребления, выключение и включение, преобразование в световой поток². Эдисон сознательно воспроизводил систему функций газового освещения для создания системы электрического освещения. Он смог реализовать полный набор необходимой системы функций, а не просто изобрел электрическую лампочку. С точки зрения системы функций принцип действия газового освещения и электрического освещения очень схожи.

Газовое освещение и электрическое освещение – это альтернативные системы, конкурирующие друг с другом. Приведем примеры частично конкурирующих или вовсе не конкурирующих между собой систем, с разными основными функциями, но со схожей системой функций. Можно сравнить, например, системы телекоммуникаций и энергосистемы. При том, что поставка электроэнергии и обеспечение информацией – это разные функции, в их структуре, в системе выполняемых функций можно найти довольно много общего. И в той и в другой системе, например, требуется генерация (энергии и информации соответственно), ее необходимо транспортировать на разные расстояния, необходимо обеспечить пропускную способность сетей, защитить от перегрузок, адаптировать к дневным изменениям потоков. Такую же аналогию с системой функций телекоммуникаций можно обнаружить в транспортных системах, почте, в биологических

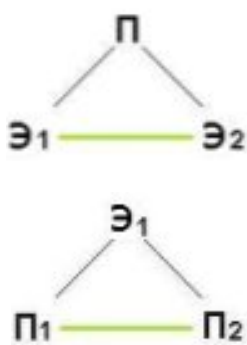
² <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=3935>

и других системах. Выявление функционально-подобных систем (систем со схожей структурой функций) позволяет переносить те или иные признаки с одной системы на другую, прогнозировать развитие систем.

Таким образом, для описания принципа действия необходимо (но не достаточно) описать морфологию и систему функций.

6. Элеполю – инструмент описания морфологии и функций систем.

Элеполю – удобный язык описания функций системы и ее морфологии. Необходимость перехода от веполей к элеполюм связана не только с тем, что в нематериальных системах нет вещества, но и для устранения некорректности, которая имеется в веполях и их преобразованиях. Можно выделить два типа элеполей: внутренний (с двумя элементами) и внешний (с двумя полями).



Элеполю имеет два вида связей между элементами³. Непосредственная связь Э1–Э2 – это реализация той или иной необходимой функции или требования (что делается, какая функция или какое требование выполняется). Связь через поле взаимодействия Э1–П–Э2 – это то, с помощью чего удастся обеспечить необходимое действие или требование, как нужная функция или требование реализуются. Таким образом, элеполю должен отвечать на вопрос что делается и как делается. Элеполю не отвечает на вопрос из чего делается (понятие ткань системы будет обсуждаться в следующем разделе статьи).

Общие правила для построения элепольных структур:

- элементы во внутреннем элеполе могут взаимодействовать только через поля взаимодействия;
- в элеполе поле действует на оба элемента, входящих во внутренний элеполю;
- во внешнем элеполе поле преобразуется в другое поле при взаимодействии с элементом (измерительные системы, социокультурные поля взаимодействия, преобразования потоков информации);
- элементно-полевые структуры, например, поток жидкости, информационный поток, художественное произведение и т.д. носят двойственный характер и рассматриваются либо в качестве вещества (элемента), либо в качестве поля взаимодействия в зависимости от рассматриваемой ситуации и решаемой задачи.

Например, в программе элементами могут быть отдельные выражения, базы данных, значения тех или иных величин, а полями взаимодействия – операторы сравнения, операции согласования разных вычислительных процессов между собой и т.д.

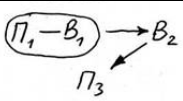
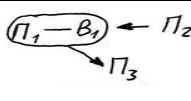
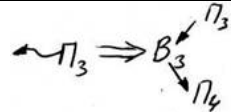
В качестве примера описания морфологии и системы функций в технике мы рассмотрим построение модели датчика расходомера. Одна из составляющих модели датчика расходомера (поток жидкости или газа) представляет собой элементно-полевую структуру (П₁–Э₁). Градиенты скорости потока создают полевое взаимодействие, а за счет вещественной составляющей поток может проявляться как вещество.

Для исследования закономерностей развития расходомеров [2] в 1979 г. была построена вепольная модель принципа работы датчика расходомера любого типа. Измерять будет нечего, если не будет самого потока. Значит, в модель должен входить поток (П₁–Э₁). Получаем задачу: есть поток, но он не «знает» (не содержит информацию) о своем расходе. По стандартам такая задача имеет два варианта решения. Если поток (П₁–Э₁) рассматривать как П₁, то задача решается добавлением к потоку вещества В₂.

³ Элементом может быть и операция в технологическом процессе

Поток в качестве поля воздействуя на вещество V_2 приводит к возникновению нового поля Π_2 , которое уже содержит информацию о расходе. Может быть и более сложная модель: потоку как веществу добавляется внешняя или внутренняя добавка, на которую уже воздействуют полем. Таким образом, вторым элементом модели расходомера (кроме потока) должна быть добавка: вещество V_2 или поле Π_2 . В первом случае мы имеем модель всех вещественных расходомеров (тахометрические, переменного перепада давления и др.), а во втором – всех полевых расходомеров (электромагнитные, ультразвуковые и т.д.).

После введения в поток добавки (вещества или поля) информация о расходе появляется в виде измеряемой величины, но она находится внутри потока. Новая задача: как вынести информацию о потоке за пределы потока.

		
Добавка вещество V_2	Добавка поле Π_2	Носитель вещество V_3 или поле Π_4

Функция в датчике расходомера	Тип добавки в поток	Тип носителя
Создать измеряемый параметр соответствующий расходу потока.	Вещество (V_2)	
	Поле Π_2	
Переместить параметр расхода за пределы потока.		Вещество (V_3)
		Поле Π_3 или Π_4

Таким образом, для описания принципа действия системы можно выстроить цепочку (структуру) необходимых функций и вепольные (элеполевые) варианты их реализации.

7. Ткань системы в описании принципа действия.

Ткань системы – это то, из чего сделана система: из какого вещества или поля, из каких тканей организма, из каких лингвистических конструкций, из каких программных элементов или операторов. Без конкретного наполнения любая морфологически-функциональная модель остается мечтой.

Вернемся к описанию расходомеров. Можно, например, описать морфология расходомера (как в случае с описанием морфологии электромагнитных расходомеров в разделе 4). Но в этом случае принцип действия еще не полностью описан, так как эта модель может относиться вообще к разным системам (например, расходомерам, фильтрам, обработке материалов и т.д.).

Описание морфологии можно уточнить, добавив описание функций и их взаимосвязь (систему функций). Но и в этом случае принцип действия описывается не полностью: одни и те же морфологически-функциональные модели могут быть реализованы на основе разной ткани системы. Например, система газового освещения и электрического освещения имеют сходную морфологически-функциональную модель, но реализованы при помощи разной ткани системы.

То же наблюдается и в примере с расходомерами. Взять, к примеру, такую морфологически-функциональную структуру расходомера: поток, полевая добавка и вещественный носитель информации из потока. Прежде всего, поток может быть разным: жидкость, газ, жидкий металл, глина, река, море и т.д. Иерархия функций задает и иерархию элементов системы и соответствующей ткани, из которых они могут быть реализованы. Для определенности выберем поток жидкости. Варианты реализации полевой добавки может быть разной, например, магнитное поле или ультразвуковое поле.

Ультразвуковые расходомеры могут работать на принципе перемещения акустических колебаний движущейся средой, а могут работать на на принципе эффекта Доплера.

Для магнитного поля (электромагнитные расходомеры) вещественным носителем информации из потока могут быть электроды, выводящие из потока наведенное ЭДС. Для ультразвуковых расходомеров таким носителем могут быть, например, пьезоэлементы, воспринимающие ультразвуковые колебания и передающие их за пределы потока.

Таким образом, описание принципа действия включает в себя три составные части:

- морфологию
- систему функций (их цепочки и структуру)
- описание ткани системы и эффекты на их основе.

Для анализа каждой из этих трех составляющих принципа действия могут использоваться различные инструменты ТРИЗ. Например, системе функций может соответствовать функциональный ИКР, ИКР свойств может соответствовать требованиям морфологии системы, а ресурсный ИКР может быть связан с тканью системы.

Для технологий переноса решений по аналогии с подобными системами также можно использовать разделение принципа действия на три составные части:

- перенос на основе общности морфологии (морфологический анализ, элементы компонентно-структурного, вепольного-элепольного анализа);
- перенос на основе общности системы функций (функционально-ориентированный поиск, перенос свойств и решений функционально-подобных систем и др.);
- перенос на основе общности ткани системы (материаловедение, указатель применения эффектов и др.).

8. Закон полноты выполнения принципа действия

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что описание принципа действия функционально-ориентированных и саморазвивающихся систем включает в себя описание морфологии системы, описание системы функций и ткани системы.

Многовариантность описания принципа действия делает необходимым введения понятия минимально-необходимой модели принципа действия системы – описания системы, в которой невозможно удалить ни одной функции или элемента. Примером может сложить описанная выше морфологически-функциональная модель датчика расходомеров.

Возникает необходимость и в уточнении закона полноты частей системы. Более точной является формулировка закона о полноте выполнения принципа действия системы: для работоспособности системы необходимо и достаточно наличие, работоспособность и соответствие всех составных частей минимально-необходимой модели принципа действия системы: морфологии системы, системы функции, ткани системы.

9. Функционально-идеальная модель и развитие принципа действия

К инструментам формирования и развития принципа действия систем можно отнести практически все инструменты ТРИЗ. В этом разделе мы остановимся на функционально-идеальном моделировании систем и рассмотрим особенности его применения.

В настоящее время между функционально-идеальным моделированием систем и свертыванием (триммингом) ставится знак равенства [4]. Между тем свертывание является только одним из возможных вариантов повышения идеальности систем. Существуют ситуации, при которых свертывание не может быть рекомендовано или его применение затруднительно:

- в ситуации, когда система находится на этапе развертывания

- при необходимости сформулировать более широкий круг задач на повышение идеальности, а не только на свертывание элементов системы.

- при создании наиболее общих функциональных моделей, включающих только обязательные элементы, например, в технологических процессах, в которых все операции обязательны, и ни одну нельзя исключить (свертывание возможно только на уровне устройств, реализующих ту или иную операцию).

Обычно методика функционально-идеального моделирования включает в себя построение функциональной модели, диагностический анализ, ранжирование элементов модели на основе уровня идеальности и тримминг-фактора.

Идеальность элемента (I) определяется отношение его функциональной значимости (F) - к сумме проблемной (P) и затратной (C) значимостей, или $I = F / (P+C)$.

Тримминг-фактор для каждого элемента функциональной модели рассчитывается по формуле $T = F^2 / (P+C)$. На основе этого показателя все элементы можно выстроить в порядке снижения значения их идеальности (тримминг-фактора) и определить таким образом порядок рассмотрения элементов функциональной модели для постановки задач. Обычно формулируются задачи, направленные на свертывание элементов. В дополненной методике функционально-идеального моделирования кроме свертывания предлагается рассматривать и другие возможности повышения идеальности:

- за счет снижения затрат и вредных функций элемента,
- повышения числа полезных функций элемента.

Предлагаемое уточнение было успешно опробовано в практике реализации прогнозных проектов.

11. Выводы.

11.1. Для моделирования материальных и нематериальных систем из разных областей могут использоваться единые подходы построения, анализа и развития принципа действия систем (принципа работы, физиологии, принципиальных схем и т.д.).

11.2. Описание принципа действия состоит из трех взаимосвязанных частей: морфология системы, система функций, ткань системы.

11.3. Существует многовариантность описания принципа действия систем: аспектная многовариантность, уровня детализации, на основе различных исходных парадигм и т.д.

11.4. Закон полноты частей технических систем корректнее формулировать как Закон полноты выполнения принципа действия систем.

11.5. Функционально-идеальное моделирование включает не только свертывание, но и другие направления повышения идеализации: снижение затрат и вредных функций, повышение количества полезных функций.

11.6. Установление подобия между системами возможно по трем направлениям: на основе морфологии системы, системы функций и ткани системы.

Литература

1. Рубин И. Д. Некоторые пути развития электромагнитных расходомеров. - Изв. вузов СССР. Нефть и газ, 1977, № 5, с. 83-86.

2. Рубин М.С., Развитие расходомеров, г. Баку, 1978 г., <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=3385>

3. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. - М.: Сов. радио, 1979.- Кибернетика.

4. Практика проведения функционально-стоимостного анализа в электротехнической промышленности. //Для разработки новой и совершенствования действующей технологии, для рационализации управления и организации производства// под ред.М.Г.Карпунина, - М: Энегтоатомиздат, 1987 <http://www.trizminsk.org/e/216001.htm>

5. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. — Новосибирск: Наука, 1991.
6. Литвин С.С., Герасимов В.М. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа. Методические рекомендации части 4 и 5. Журнал ТРИЗ, 1992, №3.2.92, С.7 - 45.
7. Рубин М.С. О теории проектирования инновационно-технологических систем. С.-Петербург, 2008: <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=3935>
8. Герасимов О.М., Методика выполнения экспресс - проектов по совершенствованию технологических процессов, ЦИТК «Алгоритм», Санкт-Петербург, 2009. <http://www.gen3.ru/3605/5605/>
9. Рубин М.С. Параметрический ТРИЗ, Санкт-Петербург - 2009 г. <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4466>
10. Рубин М.С. Филогенез социокультурных систем. Секреты развития цивилизаций. СПб 2010, <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4472>
11. Рубин М.С. Элеполи и универсальная система стандартов решения изобретательских задач. Санкт-Петербург - 2010 г. - <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4576> .