

Элепольный анализ: развитие вепольного и функционального анализа.

М.С.Рубин

Ключевые слова: элеполь, веполь, элепольный анализ, функциональный анализ, функционально-полевой анализ, стандарты на решение изобретательских задач, ТРИЗ, Эволюционное системоведение.

Постановка задачи.

В 1973 году Г.С. Альтшуллер с соавторами ввел понятие веполя, заложил основы вепольного анализа и создал систему стандартов на решение изобретательских задач [2,3]. С 1987 года автор настоящей работы проводит исследования [6], направленные на развитие инструментов ТРИЗ для их применения в нетехнических областях: в социальных системах, бизнесе, маркетинге, искусстве, научных исследованиях и т.д. В последнее время это направление оформилось в самостоятельную область исследований под названием «Эволюционное системоведение». Таким образом, первая задача этой работы состояла в том, чтобы сделать возможным применение вепольного анализа для нетехнических (материальных и нематериальных) систем. Необходимо создать общесистемный язык описания моделей изобретательских задач и их решений.

Вторая задача исследования была связана с рядом недостатков и внутренних противоречий, существующих в вепольном анализе и не позволяющих напрямую применять вепольный анализ в качестве общесистемного языка моделирования эволюционного развития систем.

Для решения этих задач было введено понятие элеполь (элементы и поля их объединяющие) [13, 16] и разработаны инструменты элепольного анализа. Одновременно были уточнены и введены некоторые используемые в элепольном анализе термины: Система, Поле, Пространство, Свойство, Параметр, Объект, Компонент, Функция, Элеполь, Веполь и другие термины. Перед прочтением этой статьи полезно познакомиться с описанием этих терминов в конце этой статьи, чтобы избежать их неверную трактовку в ходе ознакомления с работой.

Введение и уточнение понятий элепольного анализа – это попытка более четко и непротиворечиво описать инструменты построения и изменения систем. Это оказалось сложнее, чем хотелось бы. Конечно, было бы намного проще оставаться в рамках таких элементарных понятий, как в древности, например, понятия огонь, земля, вода, воздух. Но мир оказался сложнее этих простых представлений. Понадобились века, чтобы люди свыклись, например, с дикой мыслью о том, что вода создана на основе двух газов. Подобный же «бред» возникает при попытке описания систем. Например, мы покажем, что некий объект может быть и элементом, и полем взаимодействия в зависимости от того, в какой системе мы его рассматриваем. Мы постараемся

раскрыть вопросы описания элеполей как общего языка развития систем – материальных и нематериальных.

Элеполю как развитие веполей.

Элементарную модель системы можно представить в виде двух элементов, связанных между собой полем взаимодействия (элеполю).

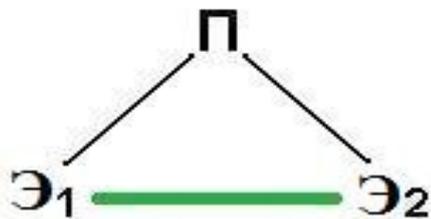


Рис. 1. Внутренний элеполю (со свойствами элемента).

На рис. 1 изображена модель внутреннего элеполя, обладающего свойствами элемента. На рис. 2 изображена модель внешнего элеполя, обладающего свойствами поля.

Несмотря на внешнюю схожесть, понятие элеполю довольно сильно отличается от понятия веполю. Первое отличие заключается в том, что в веполе вещество может непосредственно изменить другое вещество, а вещество может изменить поле без другого поля. В элеполе такое невозможно.

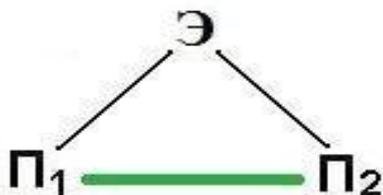


Рис. 2. Внешний элеполю (со свойствами поля).

Например, во внутреннем элеполе непосредственная связь между элементами моделирует функцию (полезную или вредную) или какое-то требование и соответственно связана с надсистемой, для которой эта функция или требование необходимы. Связь между элементами через поле – это то свойство элементов (не менее двух), за счет которого эта функция выполняется.

Примеры. Элеполю в биологии: симбиоз рыбы клоуна и актинии, прайд львов, стадо бабуинов, любая экосистема. Элеполю в социальных системах: семья, племя, компания, общественные организации. Элеполю в науке: теорема Виета (связь корней многочлена с его коэффициентами), закон Мальтуса связывающий рост населения с продовольственными ресурсами, болезнями и социальными катаклизмами. В элеполе не только устанавливается некоторая связь между элементами, но описывается для чего эту связь можно использовать (какую полезную или вредную функцию можно выполнить). Например, теорему площади треугольников можно использовать для выяснения того, какой из треугольников больше.

Второе отличие элеполя – во внутреннем элеполе поле связано одновременно с двумя элементами и не может быть связано только с одним из них,

как это допустимо в вепольных структурах. При этом поле взаимодействия должно быть однородным: с одним элементом оно должно взаимодействовать по тому же параметру, что и с другим. Поле само по себе не может преобразовать один параметр в другой без дополнительного элеполя.

Третье отличие – поля и элементы элеполя могут быть материальными или нематериальными компонентами системы.

Четвертое отличие – элеполь допускает двойственное рассмотрение элементарно-полевых компонент.

Например, поток жидкости (газа или частиц) может рассматриваться и как вещество (элемент), и как поле с соответствующими полю распределениями скоростей, давления, температур и т.д. В различных типах расходомеров, например, поток иногда используют как элемент, а иногда – как поле. В программировании обычный оператор ветвления «IF» может рассматриваться и как поле взаимодействия разных элементов при разных условиях, и как элемент, так как может содержать в себе различные команды и выражения.

Элепольные модели позволяют описать модели проблемных ситуаций (задач) и варианты развития элепольной структуры.

<p>Описание моделей проблемных ситуаций: нет связей, есть недостаточная или вредная связь</p>	<p>Элеполь: внутренний (с двумя элементами) и внешний (с двумя полями)</p>	<p>Повышение эффективности элеполей: комплексный, двойной, цепной элеполи</p>

Таблица 1. Элеполю: модели задач, модели решения и модели их развития

Элепольное моделирование позволяет применять общесистемный подход к решению изобретательских задач, заложенный в ТРИЗ, не только в технике, но и в нетехнических областях: в маркетинге, в менеджменте, в научных системах, в юридических системах и т.д.

Можно выделить простейшие элеполю: элеполю, которые либо невозможно разделить на более мелкие, либо это приведет к изменению типа поля взаимодействия: например, с социально-культурного на экологический, с экологического - на биологический, с биологического - на биохимический, с биохимического на химический, с химического - на физический.

TDS-2013.

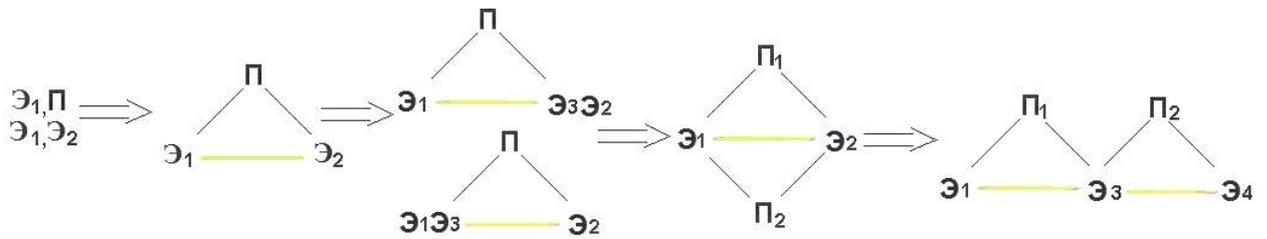


Рис. 3. Общая логика развития структур внутреннего элеполя.

Общая логика развития внутренних элеполевых структур и построения логики универсальной системы стандартов может быть представлена в виде следующей цепочки преобразований (рис. 3):

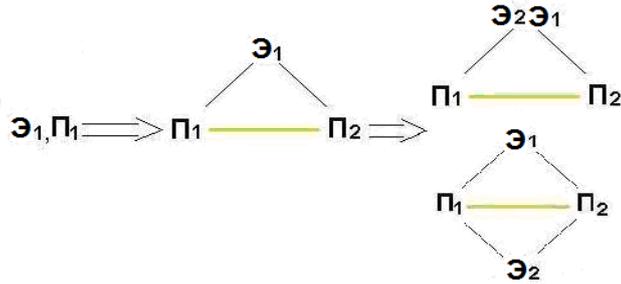


Рис. 4. Логика развития внешнего элеполя

Для внешних элеполей можно представить следующую цепочку преобразования элеполевых структур (рис. 4).

Технологические процессы описываются внутренним элеполем, в котором \mathcal{E}_2 – это видоизмененный элемент \mathcal{E}_1 . Например, штамповка детали из металла или обучение человека и т.д. Преобразование \mathcal{E}_1 в \mathcal{E}'_1 происходит во времени.

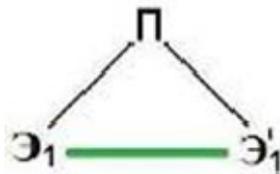


Рис. 5. Элеполь преобразования элемента

Преобразование поля описывается внешним элеполем, в котором \mathcal{P}_2 – это видоизмененное \mathcal{P}_1 . Например, изменение спектра луча, проходящего через оптическую линзу, или известная экономическая формула деньги (\mathcal{P}_1) – товар (\mathcal{E}) – деньги (\mathcal{P}'_1), или кодирование информационного потока тем или иным алгоритмом и т.д.

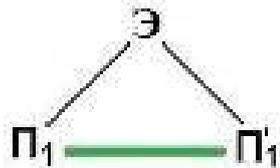


Рис. 6. Элеполь преобразования поля

Элеполь как модель функции. Элеполевый ФОП.

TDS-2013.

Элеполь является развитием модели функции. В ТРИЗ используется следующая модель функции:



Рис. 7. Модель функции. Э1 – субъект функции (инструмент) Э2 – объект функции (изделие).

Связывающая их линия – обозначение действия субъекта функции, направленное на изменение объекта функции. Действие может обозначаться глаголом действия или характеризоваться изменением параметра объекта функции. Можно выделить пять действий над параметром объекта функции: стабилизация – изменение параметра, увеличение – уменьшение параметра, измерение параметра. Бывают ситуации, в которых трудно выделить направление действия, элементы взаимодействуют, влияют друг на друга, являются одновременно и объектом и субъектом. Например, два магнита притягивают друг друга, выполняя функцию объединения двух компонент в целый объект.

Еще одной частью модели функции являются ограничения, накладываемые на выполнение функции.

Элеполь – это та же модель функции, но с дополнением поля (полей) взаимодействия, при помощи которого эта функция выполняется. Одна и та же функция может быть реализована разными полями взаимодействия и разными элепольными структурами. Элеполь отвечает на три вопроса: Кто или Что? Что делает? Как делает или как взаимодействует? Модель элеполя-функции можно описать по схеме:

- Элемент, субъект функции
- Как, при помощи какого поля выполняется действие
- Действие, глагол или направление изменение параметра объекта
- Элемент, объект функции.

В эту формулировку могут быть включены уточнения и ограничения для каждого из компоненты элеполя-функции.

Например, Молоток из камня – Механически – Деформирует (изменяет форму) – Рюмку из хрусталя.

Для подготовки обобщенной модели функции берется обобщенное описание субъекта, объекта и действия. Наиболее корректно описать обобщенное действие можно через описание изменения параметра объекта функции.

Соответственно, обобщенный элеполь описывается обобщенной функцией, обобщенным полем взаимодействия и ограничениями.

Так как функция может быть вредной, то и элеполь может быть вредным.

Общность элеполя с моделью функции позволяет перенести инструменты функционального анализа в элепольный анализ. Мы будем называть этот вид анализа функционально-полевой анализ систем.

Аналогичным образом может быть перенесен в элепольный анализ функционально-ориентированный поиск (ФОП) и инверсный (обратный) ФОП: элепольный ФОП и инверсный элепольный ФОП.

В элепольном ФОП может быть известно: обобщенный объект функции, обобщенное действие, ограничения и характеристика поля взаимодействия. Требуется найти субъект функции.

Например, если мы будем искать обобщенную функцию для объединения веществ (увеличивать целостность или связность объектов), то нам подойдут такие глаголы как вулканизировать, забивать, закреплять, имплантировать и т.д. Но если мы ограничим эту функцию только, например, электрическим полем взаимодействия, то нам подойдут другие глаголы действия: адсорбировать, анодировать, коммутировать, хромировать.

Другой вариант элепольного ФОП: известны все компоненты элеполя, кроме поля взаимодействия. Например, необходимо создать конструкцию датчика пульсовой волны в виде браслета на кисти руки со съемной «головкой» микропроцессора. Сигнал о пульсовой волне должен передаваться в съемный микропроцессор без контактов для обеспечения герметичности и удобства пользования прибором. Получаем неполную элепольную модель:

браслет – передает пульсовую волну – головку микропроцессора.

В обобщенном виде:

кольцо на запястье (субъект) – передает слабые механические колебания (действие) – в съемный электрический прибор (объект)

В этой элепольной модели известны все компоненты, кроме поля взаимодействия, обеспечивающего передачу колебаний. Требование к этому полю известно: оно должно передавать очень слабый сигнал колебаний без электрических разъемов.

Аналогом для данного элепольного ФОП могут быть расходомеры жидкости, в первую очередь портативные и переносные, выводящие информацию о потоке к внешнему электрическому прибору. Для нашего случая можно выделить всего три подходящих поля взаимодействия: электрическое поле, механическое поле, поле электромагнитной индукции. Если учесть, что для электрического поля в нашем случае нельзя использовать электропровода, а емкостная связь требует очень точной установки съемной части прибора, то остается только два варианта: использовать, либо механическое поле, либо поле электромагнитной индукции.

На примере с элеполем датчика пульсовой волны можно показать, как при помощи цепочек элепольных структур можно находить и выбирать нужные цепочки физических эффектов еще до решения о том, какая конструкция будет выбрана для прибора. По приведенному примеру мы можем сказать, что для передачи сигнала от браслета к съемному прибору можно использовать либо механическое поле, либо поле электромагнитной индукции. При этом нам известно, что исходное поле пульсовой

волны является механическим, а конечное, которое поступает к микропроцессору – электрическое. Таким образом, возможны, как минимум, две цепочки преобразований.

Первая из цепочка преобразований:

Исходное Механическое поле пульсовой волны – преобразование его в электромагнитное поле в браслете – преобразование в электромагнитную индукцию и передача сигнала на съемную часть прибора – получение электрического сигнала в съемной части прибора.

Второй вариант преобразований:

Механическое поле пульсовой волны - передача механического усилия в съемную часть прибора – преобразование этих усилий в электрический сигнал в съемной части прибора.

В первом варианте три преобразования, а во втором – только два. Учитывая низкий уровень исходного сигнала и потери, которые неизбежно возникают при каждом преобразовании, более перспективным кажется второй вариант: колебания от пульсовой волны каким-то образом механически должны передаваться к съемной части прибора и только там преобразовываться в электрический сигнал, например, при помощи тензодатчика. Такое решение было найдено и успешно опробовано.

Таким образом, анализ необходимых элеполюсных цепочек помогает выбрать наиболее эффективный вариант возможного принципа действия и выбрать нужную цепочку физических эффектов для решения поставленной задачи.

Инверсный элеполюсный ФОП предполагает обратную ситуацию: известны субъект функции, поле взаимодействия и действие, необходимо найти новый объект функции. Например, известен носимый прибор оценки уровня сахара в крови человека, работающий на основе мониторинга импеданса ткани человека. Этот прибор можно применять для оценки влажности, спелости продуктов питания и т.д. Вместо ткани человека может контролироваться любой другой продукт или объект.

Элеполюсные подсистемы и надсистемы.

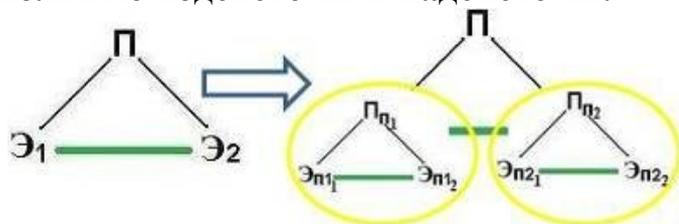


Рис. 8. Под-элеполи внутреннего элеполя.

Элементы и поля взаимодействия элеполя могут иметь внутреннюю структуру: элемент может быть представлен внутренним элеполем, а поле – внешним элеполем.

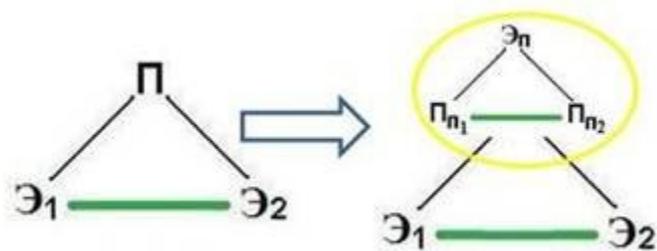


Рис. 9. Под-элеполю внешнего элеполя.

Эти структуры (под-элеполю) не сводятся к двойному, цепному или какому-то иному виду элеполю. Это подсистемный элеполю, в котором подэлемент $\mathcal{E}п1$ может отличаться от $\mathcal{E}1$ также, как, например, водород отличается от воды или краска на холсте от художественного восприятия картины, а подполе $\mathcal{P}п.$ может отличаться от поля \mathcal{P} , как, например, физическое поле взаимодействия отличается от химических связей, а звуковые, цветовые и тактильные компоненты отличаются от их суммарного психологического воздействия на человека. Поля могут иметь такую же структуру, как и элементы. Например, такие привычные для ТРИЗ поля взаимодействия как механическое, акустическое, световое поле, так или иначе, связаны с фундаментальными полями: электромагнитным, гравитационным, слабого и сильного взаимодействия. Социальные поля взаимодействия, экономические, финансовые, взаимодействия в программировании – все эти поля имеют структуру, подсистемы, из которых они состоят, из которых они складываются.

Поля взаимодействия элеполя при этом могут взаимодействовать не с каким-то конкретным подэлементом, а со всем подэлеполюм в целом. Например, в симбиозе рыбы-клоуна и актинии взаимодействие происходит на уровне всего организма и рыбы-клоуна и актинии, не отдельно плавника рыбы или отдельно щупальцев актинии. Хотя и такие взаимодействия тоже возможны.

Внутренняя структура элеполя может использоваться как ресурс при решении изобретательских задач. Например, при электролизе воды можно использовать выделяемый при этом водород, а в техниках НЛП можно использовать ведущий канал восприятия человека для решения психологических задач.

Аналогичная ситуация и с переходом от внутреннего элеполя к надсистемному элементу $\mathcal{E}п1$ или от внешнего элеполя – к надсистемному полю $\mathcal{P}п.$ Переход от элеполя к надсистемному элеполю – это тоже ресурс для решения задач развития системы. Например, устойчивость жизнеобеспечения животного или растения может оказаться гораздо выше в симбиозе с другим животным или растением.

Элеполю и множества элементов: что схожего и чем отличаются.

Системы имеют довольно не простые, иногда запутанные свойства, сильно усложняющие системный анализ. Проводить анализ было бы проще, если бы выполнение части операций можно было перенести на компьютер. Для этого желательно максимально формализовать создание и преобразование элеполюных структур. Одно из возможных направлений этой работы –

TDS-2013.

использование теории множеств и ее аппарата для построения и преобразования элеполей, выявления их свойств. Постараемся выделить, что схожего и чем отличаются между собой множества и элеполи.

МНОЖЕСТВО — одно из основных понятий современной математики, «произвольная совокупность определенных и различных объектов, объединенных мысленно в единое целое» (Георг Кантор).

Что похожего между множеством и элеполем (системой):

- и у множеств, и у элеполей есть отдельные элементы (объекты, компоненты) из которых они состоят;
- и во множестве, и в элеполе элементы объединены теми или иными связями и свойствами в целое;
- и во множестве, и в элеполе функции могут быть, а могут и не быть;
- множество может состоять из элементов, которые сами по себе являются другими множествами, как и элеполи, могут состоять из под-элеполей;
- множество может состоять из неделимых элементов, как и простейший элеполь не состоит из под-элеполей.

Чем отличаются множества и элеполи (системы):

- в элеполе имеется один или несколько особых компонентов – поля взаимодействия элементов;
 - добавление к множеству новых элементов не приводит к возникновению новых полей взаимодействия и к новым свойствам, которых не было изначально у этих элементов, как это происходит в элеполе;
 - существуют совокупности элементов, на основе которых можно легко построить множество, но невозможно построить полный элеполь. Например, множество материальных и нематериальных объектов, название которых начинается с буквы «А»;
 - во множествах функция определяется как связь элементов одного множества с элементами другого множества, а в элеполе функция определяется надсистемой и реализуется связью между элементами одного элеполя;
 - множество не зависит от порядка расположения элементов, а свойства элеполя зависят от расположения его элементов относительно друг друга;
- Сравнение множеств и элеполей позволяет сближать эти два понятия:
- с позиций теории множеств одинаковые элементы в элеполе в действительности, строго говоря, являются разными, так как отличаются, по крайней мере, местом их расположения в пространстве;
 - если существуют пустые, счетные и несчетные, бесконечные, нечеткие, с разной мощностью множества и операции сложения, вычитания, сравнения и другие операции над ними, то можно предположить, что могут быть введены аналогичные понятие и операции и для элеполей.

Поиск возможностей создания математического аппарата описания элеполей и их преобразований должен быть продолжен.

Двойственность полей и элементов в элепольном анализе.

Тот факт, что любой не простейший элемент можно рассматривать как внутренний элеполь, имеющий поля взаимодействия, а любое не простейшее

поле можно рассматривать как внешний элеполю, имеющий элемент уже говорит о том, что любой объект (материальный или нематериальный) может рассматриваться и как элемент, и как поле. В простейших элеполях элементы и поля могут не отличаться друг от друга (кварки, например).

Мало кого удивляет то, что один и тот же элемент в одной функции может быть субъектом функции, а в другой – объектом функции.

Например, при изготовлении молотка на фрезерном станке – головка молотка это объект функции. При забивании молотком гвоздя – молоток субъект функции. При использовании маленького молотка в качестве передающего удар кувалды точно в нужное место изделия молоток можно рассматривать как поле механического взаимодействия кувалды и изделия.

Другой пример – линия электропередач. При ремонте или защите ее можно рассматривать как изделие. В энергосистеме ее можно рассматривать как инструмент. Линия электропередач обладает и всеми признаками поля взаимодействия источника электроэнергии с потребителем электроэнергии.

Элеполю и параметрический анализ.

Стремление к повышению формализации, однозначности элепольных моделей и возможности перехода от элепольных моделей к физическим эффектам сделало актуальным введение параметрического описания компонентов элеполя.

Мы уже приводили пример параметрического описания в модели функции: действие над объектом может быть представлено как параметр объекта функции и направлений его изменений (стабилизация – изменения, увеличение – уменьшение, измерение). Параметры могут быть физические, химические, биологические, технические, экономические, социальные, психологические, художественные и т.д. Параметры поля взаимодействия связаны со свойствами элементов, а параметры функции – с требованиями надсистем.

Элемент тоже может быть представлен как совокупность параметров и связей параметров этого элемента между собой. Например, для фотокамеры это могут быть кратность оптического и электронного увеличения, геометрические размеры, вес, характеристики матрицы, размеры экрана, форматы изображений, тип памяти и множество других параметров.

Поле также может быть представлено как совокупность параметров. Например, электромагнитное поле можно рассматривать как совокупность различных параметров: напряженность, поляризованность, скорость распространения, магнитная индукция и т.д.

Особыми параметрами являются время и параметры пространства. Пространство определяет координаты расположения того или иного элемента. Пространство неотделимо от элементов и элементы не могут существовать вне того или иного пространства. Для характеристики пространства, как и любого другого свойства, требуются как минимум два элемента.

В совокупность параметров поля наоборот, не может входить одна конкретная координата пространства. Для характеристики поля должны быть обязательно протяженность и множество (как минимум две) координаты. Координаты в пространстве могут быть непрерывными (физическое пространство) или дискретным (законодательное поле, адреса сайтов и т.д.).

Элемент может быть охарактеризован только одной точкой в пространстве, а поле должно иметь не менее двух точек в пространстве. В одной точке пространства может находиться только один элемент и множество полей взаимодействия. Поля взаимодействия связывают изменение параметров одного элемента с изменением параметров другого элемента.

Иерархия и эволюция полей взаимодействия в элеполях.

Поля взаимодействия имеют иерархическую структуру: от более простых полей взаимодействия к более сложным. По нашим представлениям первыми полями взаимодействия в эволюции Вселенной являются физические поля (и соответственно – физические элементы-вещества). Следующий уровень развития – химическое взаимодействия. Далее при возникновении жизни образуется биологическая материя и биологические поля взаимодействия, включая и социально-биологическое взаимодействие – поведение животных, образование экологических и других систем. Далее формируются социально-культурные системы, в том числе, технические системы.

Чем выше иерархический уровень систем, тем больше в них разнообразие полей взаимодействия и большее разнообразие возможностей для захвата одной системы другой. Предыдущий системный уровень создает ресурсы для возникновения последующего системного уровня.



Рис. 10. Иерархия полей взаимодействия систем.

С позиций системного захвата могут быть выделены разные типы взаимодействия систем:

TDS-2013.

1. Реакция захвата с поглощением (присоединением) объекта захвата.
2. Реакция захвата с обменом (в том числе симбиоз).
3. Реакция захвата вытеснением (замещением) на основе борьбы за лимитирующий фактор развития.
4. Реакция разложения (внутренний захват).
5. Плодотворный захват, синтез новой системы из элементов.

Для каждого поля взаимодействия характерны свои типы системного захвата. Например, для реакции разложения: реакция термоядерного деления, реакция химического разложения, деградация и катагенез организмов, стяжательский тип личности.

Как уже говорилось выше, для каждого уровня полевого взаимодействия существует свой неделимый простейший элеполю. Например, для социально-культурной системы – это семья-община, для экологической – это экосистема капли воды, для биологической – вирус, биохимической – это циклические молекулы на основе углеродных связей, для химической – молекулы, а для физической – это элементарные поля-частицы, например, кварки.

Любые изменения связей в элеполях связаны с энергетическими процессами. Для каждого типа полевой связи – свой тип энергии. Для физического уровня это энергия соответствующих типов физического взаимодействия. Для химических взаимодействий характерны свои энергетические связи. В биологии известна энергия живого организма, живых сообществ, экосистем.

Для социально-культурных полей взаимодействия характерны свои виды энергии, которые не сводятся только к остальным видам энергии. На энергетическую природу возникновения и развития этносов указывал в своих работах Широкогоров С.М. [1] и вслед за ним Л.Гумилев [4]. В данной статье мы не будем вдаваться в детали энергетической природы социально-культурных систем. Укажем только, что можно говорить об энергетике технических систем, экономических, финансовых, политических, психологических, художественных и других социально-культурных систем.

Могут возникнуть сомнения относительно энергетики нематериальных систем. Любую нематериальную систему, так или иначе, можно свести к информационной. Информационные процессы связаны с энтропией и энергией. Синергетические процессы, в частности, тоже образуют связь между снижением энтропии, повышением количества информации и уровнем энергетических потоков. Не вдаваясь сейчас в детали этих явлений мы будем утверждать, что для образования, сохранения и разрушения любого элеполя (любой системы) требуется энергия того или иного типа.

Необходимость потоков энергии для любого построения, разрушения или изменения внутреннего или внешнего элеполя говорит и о том, что эти процессы не могут протекать мгновенно, то есть обязательно имеют инерцию. Для каждого типа поля взаимодействия должен быть и свой тип энергии, и свой тип инерции процессов. Энергетические процессы и инерционные свойства характерны для любого (материального или нематериального) элеполя, для любой системы. Можно утверждать, что энергия и инерция не-

TDS-2013.

посредственно связаны с элементами и полями, с пространством и временем, с образованием и изменением связей в элеполях любого типа.

Элеполю и универсальная система стандартов на решение изобретательских задач.

Элеполюльный подход позволил модернизировать систему стандартов для ее применения в разных областях (не только в технике) и без недостатков, присущей прежней системе стандартов. Универсальная система стандартов [16] состоит из 4-х разделов:

- синтез внутренних элеполей;
- развитие элеполюльных структур;
- синтез и повышение эффективности внешних элеполей;
- линии развития элеполей.

Возможно объединение функционального подхода, элеполюльного анализа и универсальной системы стандартов на решение изобретательских задач при постановке и анализе задач, и выборе направлений их решения. Для этого можно выделить следующие этапы анализа конфликта (или системы) и определения направлений их эффективного решения:

- Выделяются основные элементы проблемной ситуации или системы (технической или нетехнической);

- Формируются различные комплексы из элеполей-функций (полезные, вредные, недостаточные и т.д.); одна и та же проблемная ситуация может быть описана разными комплексами элеполей-функций

- Из разных проблемных комплексов элеполей-функций выбирается один, для которого будет производиться поиск решения (можно последовательно рассмотреть все комплексы элеполей-функций, содержащие проблемные ситуации);

- На основе типологии сформированных проблемных комплексов элеполей-функций определяется соответствующий им тип стандартов из универсальной системы стандартов на решение изобретательских задач.

В качестве примера опишем комплекс проблемных элеполей-функций для известной задачи об окрашивании вихрей при испытании макета парашюта в потоке воды. Один из возможных комплексов элеполей-функций:

1. Краска – механически – красит (изменяет цвет) – вихри. Полезная.
2. Краска – механически – искажает (изменяет форму) – макета. Вредная элеполю-функция.
3. Макет – механически – создает (изменяет направления потока) - вихри. Полезная элеполю-функция.

Этому комплексу элеполей-функций соответствуют рекомендации использовать стандарт 1.2.1 (Устранение вредных связей заменой, изменением или дополнением элементов), стандарт 1.2.2 (Устранение вредных связей дополнением поля) или переформулировать исходную задачу: исключить необходимость выполнения одной или нескольких функций (свертывание). Все эти рекомендации ведут к контрольному решению задачи.

Предлагаемый подход хорошо поддается алгоритмизации. В настоящее время совместно с С.Сысоевым ведется работа по его программной реализации.

Пространственный системный оператор.

При построении и анализе элеполей и эволюции развития систем важные параметры, которые необходимо учитывать – это пространство и время.

В обычном системном операторе пространство не учитывается, что ограничивает возможности системного анализа ситуации и объекта. Предлагается использовать пространственный системный оператор. В пространственном системном операторе необходимо учитывать не только возможные изменения во времени и на уровнях (системы, надсистемы и подсистемы), но и в пространстве. Это помогает, в частности, визуализировать процесс возможного применения общесистемных принципов разрешения противоречий: во времени, в пространстве и системными переходами.

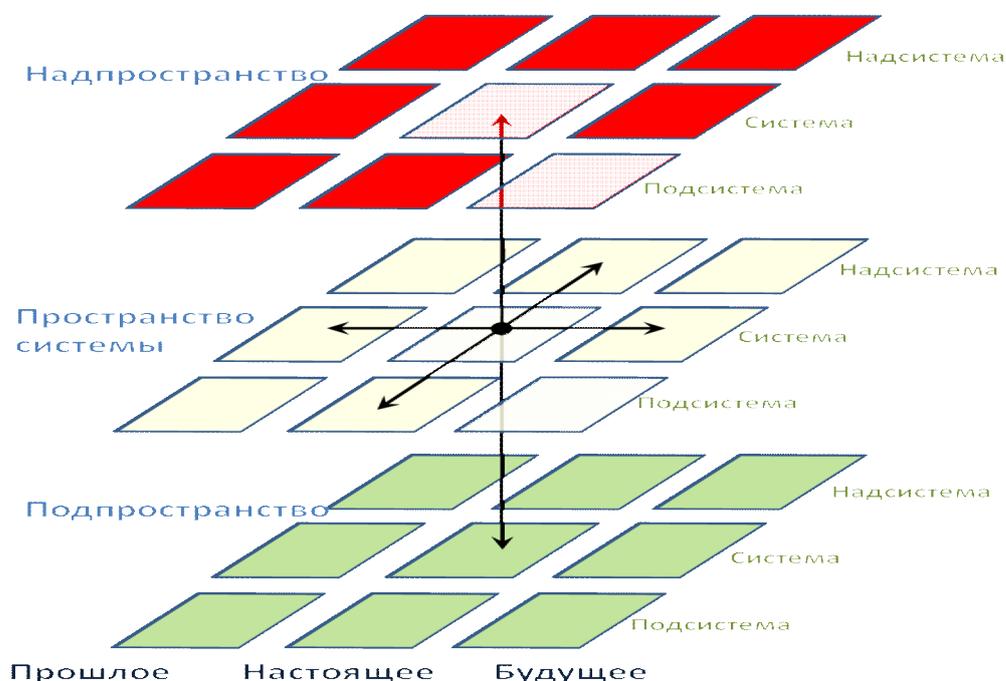


Рис. 11. Иерархия полей взаимодействия систем.

В биологии, например, процессы ароморфоза (переход к новому пространству обитания), идиоадаптации (приспособление к новому пространству) и катагенеза (упрощение организма за счет специализации к конкретной территории) являются неотъемлемой частью эволюционного процесса живых организмов. Например, ароморфоз привел к переходу от рыб к земноводным, от земноводных к пресмыкающимся и далее к млекопитающим и птицам. Аналогичные процессы линий развития наблюдаются и в технике и в других системах. Пространственно-временной анализ конфликта позволяет очень просто сформулировать рекомендуемые общесистемные принципы разрешения противоречий и комплексы конкретных приемов разрешения противоре-

TDS-2013.

чий требований. В таблице приведена связь типов конфликтов с рекомендуемыми общесистемными принципами разрешения противоречия.

Вернемся к комплексу элеполей-функций, описывающих проблемную ситуацию для задачи об окрашивании вихрей при испытании макета парашюта в потоке воды.

<p>Время полезной функции и время нежелательного эффекта (ВПФ и ВНЭ)</p> <p>Зона полезной функции и зона нежелательного эффекта (ЗПФ и ЗНЭ)</p>	<p>Не пересекаются</p>	<p>Соприкасаются</p>	<p>Пересекаются</p>	
	<p>Не пересекаются</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Во времени · В пространстве (направлении) · В отношении 	<ul style="list-style-type: none"> · В пространстве (направлении) · Во времени · В отношении 	<ul style="list-style-type: none"> · В пространстве · Системный переход · Физико-химические и фазовые переходы · В отношении
	<p>Соприкасаются</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Во времени · В отношении · Системный переход · Физико-химические и фазовые переходы 	<ul style="list-style-type: none"> · В пространстве (направлении) · Во времени · Физико-химические и фазовые переходы · В отношении 	<ul style="list-style-type: none"> · В пространстве (направлении) · Системный переход · В отношении · Физико-химические и фазовые переходы
	<p>Пересекаются</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Во времени · Системный переход · Физико-химические и фазовые переходы · В отношении 	<ul style="list-style-type: none"> · Системный переход · Физико-химические и фазовые переходы · В отношении 	<ul style="list-style-type: none"> · Системный переход · Физико-химические и фазовые переходы · В отношении

Табл. 1. Таблица применения принципов разрешения

1. Краска – механически – красит (изменяет цвет) – вихри. Полезная функция. ЗПФ1 – контакт краски с вихрем. ВПФ1 – время проведения эксперимента.

2. Краска – механически – искажает (изменяет форму) – макет. Вредная. ЗНЭ2 – место контакта краски с макетом. ВНЭ2 – время смывания краски.

3. Макет – механически – создает (изменяет направления потока) - вихри. Полезная. ЗПФ3 – контакт макета с водой. ВПФ3 – время проведения эксперимента.

ЗПФ пересекается с ЗНЭ, а ВПФ пересекается с ВНЭ. Рекомендуемые принципы разрешения противоречия: Физико-химические и фазовые переходы и Системный переход. Если рекомендации по таблице 1 типовых конфликтов подсказывают, что нужно сделать для решения противоречия, то таблица 2 применения принципов разрешения противоречия подсказывает как это сделать.

Функционально-полевой анализ систем.

Функционально-полевой анализ – это объединение функционального и элепольного анализа систем. В отличие от обычного функционального анализа в компонентно-структурной модели указываются не только функции, но и поля взаимодействия элементов, которые эту функцию реализуют. Таким образом, например, возможно изменение функционально-полевой модели без изменения функциональной модели системы, а только изменением полей взаимодействия.

В развитии элепольных структур можно выделить две взаимосвязанные и, в какой-то степени, противоположные тенденции.

- Тенденция к свертыванию: повышение идеальности введением элементов и полей за счет существующих ресурсов, устранение элементов с сохранением функциональности;
- Тенденция усложнения структуры: увеличение идеальности за счет увеличения функциональности и связей в системе (развертывание, увеличение степени элепольности);

В качестве примера рассмотрим систему: зубная щетка с футляром. Линия свертывания, которая обычно реализуется методами функционального анализа и правилами свертывания, приводит в приведенном примере объединению щетки с футляром и к щетке на пальце. Линия развертывания, которая может реализоваться методами элепольного анализа и стандартов, приводит к усложнению системы с повышением ее функциональности: корпус с ультрафиолетовой очисткой щетки и подключением к USB порту, щетка с ультразвуком и т.д.

Повышение идеальности в выделенной ключевой задаче или объекте может, таким образом, происходить и за счет свертывания, и за счет развертывания (повышения элепольности) системы.

Построения для системы комплексов функций (полезных и вредных) совместно с их зонами и временем полезного и вредного действия позволяет автоматически сформулировать не только модели задач, но и предложения по их разрешению на основе типовых схем конфликтов и рекомендациям по применению принципов разрешения противоречий. Это влияет, в частности, на правила ранжирования элементов для их свертывания.

Еще одной особенностью функционально-полевого анализа является иерархическое построение компонентно-структурной и функционально-полевой модели. Таким образом, связи и функции между элементами могут возникать как на верхнем, так и на низких иерархических уровнях системы. Модели составляются для разных состояний системы: хранение, функционирование, разные режимы, зарядка питания, ликвидация и т.д.

Выводы

1. Элеполь как универсальная модель систем является развитием элеполей и модели функции в ТРИЗ. Модель элеполя можно записывать по форме: Что – При помощи какого поля – Действует – На какой объект.

TDS-2013.

2. Элеполюсный анализ позволяет создавать модели развития технических и нетехнических, материальных и нематериальных систем.

3. Формулировку модели задачи эффективнее описывать через комплекс полезных и вредных элеполей-функций с описанием зон и области полезных и вредных взаимодействий.

4. Параметрический подход в элеполюсном анализе позволяет формализовать описание элеполя и его связи с другими инструментами ТРИЗ.

5. Элеполюсный анализ можно интегрировать во многие аналитические инструменты современной ТРИЗ: компонентно-структурный и функциональный анализ, ФОРП, применение физических эффектов, АРИЗ и другие.

6. Образование и изменения связей в элеполе всегда происходят во времени, связаны с энергетическими потоками и обладают свойством инерции.

7. Пространственный системный оператор позволяет более полно рассматривать систему, описывать проблему и возможные пути ее решения.

8. Элеполь как универсальная модель системы имеет довольно сложные свойства, требующие изучения, в том числе математическими методами теории множеств.

9. Формализация построения и преобразования элеполей совместно с другими инструментами ТРИЗ позволяет алгоритмизировать процессы анализа систем, выявления задач и рекомендаций по их решению.

Литература

1. Широкогоров С. М. Этнос: Исследование основных принципов изменения этнических и этнографических явлений //Изв. восточного ф-та Дальневосточн. ун-та (Шанхай). 1923. XVIII. Т. I. Предисловие. С. 4–6.

www.temm.ru/ru/section.php?docId=4408

2. Альтшуллер Г., Гаджиев Ч., Фликштейн И. Введение в элеполюсный анализ. - Баку, ОЛМИ, 1973, 26 с. www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=4669

3. Теория и практика решения изобретательских задач, под редакцией Г.С.Альтшуллера, г. Горький, 1976, 199 стр., - типография Горьковского областного управления издательств, полиграфии и книжной торговли.

4. Гумилев Л.Н. «Этногенез и биосфера Земли», М.: Институт ДИ-ДИК», 1977 г.

5. Рубин М.С. Развитие расхождений, Баку, 1978, www.temm.ru/ru/section.php?docId=3385

6. Альтшуллер Г.С., Рубин М.С., Что будет после окончательной победы. Восемь мыслей о природе и технике. Баку, 1987 г. <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=3470>

7. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач. - М.: Сов. радио, 1979.-184 с. - Кибернетика.

8. Практика проведения функционально-стоимостного анализа в электротехнической промышленности/ Под ред. М.Г. Карпунина. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288.

TDS-2013.

9. Функционально-стоимостный анализ и методы технического творчества. Комплект материалов. Составители Герасимов В.М., Литвин С.С., Лукашевич С.Л., Смирнов Д.С., «Электросила», Ленинград 1988.

10. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа. Методические рекомендации. Герасимов В.М., Калиш В.С., Карпунин М.Г., Кузьмин А.М., Литвин С.С. Москва МП Информ-ФСА 1991 – 40 с.

11. Рубин М.С. Принцип захвата и многообразия в развитии систем. Введение в теорию захвата, Санкт-Петербург, 2006 г.

www.temm.ru/ru/section.php?docId=3433

12. Рубин М.С. Параметрический ТРИЗ, Санкт-Петербург, 2009, www.temm.ru/ru/section.php?docId=4466

13. Рубин М.С. Филогенез социокультурных систем. Секреты развития цивилизаций. Санкт-Петербург, 2010 г.

www.temm.ru/ru/section.php?docId=4472

14. Рубин М. С. Основы ТРИЗ. Применение ТРИЗ в программных и информационных системах: Учебное пособие. – СПб: АТМ Книга, 2011 – 226 с.

<http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4597>

15. Рубин М.С., Универсальный алгоритм решения изобретательских задач. АРИЗ Универсал-2010. Версия 15.07.2012. ТРИЗ Саммит 2012.

<http://www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=5201>

16. Рубин М. С., Универсальная система стандартов на решение изобретательских задач - 2010. Версия от 18.02.2012. ТРИЗ Саммит 2012. www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=5322

17. Рубин М.С., Выявление вторичных задач и переформулировка исходных задач в АРИЗ-Универсал-2010. Санкт-Петербург. ТРИЗ Саммит, 2012 г. www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=5055

18. Мурашковский Ю.С., «Секреты» талантливого мышления, г. Рига, 2013 г. <http://www.temm.ru/ru/section.php?docId=4602>

Используемые термины

В работе используются довольно много новых терминов. Для исключения неоднозначности в понимании новых и уже известных терминов я постараюсь описать основные из этих терминов. Я не буду стремиться к строгим определениям. Это скорее будет максимально полное для понимания описание, насколько мне это удастся сделать.

Система (от греч . systema - целое, составленное из частей; соединение). Множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство. Выделяют материальные и абстрактные (нематериальные) системы. Абстрактные системы - понятия, гипотезы, теории, научные знания, лингвистические, юридические, формализованные, художественные, логические системы и др. (<http://www.russika.ru/t.php?t=3848> Энциклопедический фонд России). Мы будем считать, что множество элементов, связанных между собой в целое,

TDS-2013.

всегда обладает свойствами, не сводимыми к свойствам отдельных элементов того или иного множества.

Надсистема – множество связанных между собой систем образуют надсистему. Одна система может одновременно входить во множество надсистем.

Подсистема – элементы, из которых состоит система, и которые рассматриваются как самостоятельные системы более низкого уровня.

Элемент (от лат. *elementum* - стихия, первоначальное вещество), составная часть сложного целого. То, из чего состоит система. Для элементов, в частности, характерно то, что можно обозначить (с той или иной степенью вероятности) место его расположения в том или ином пространстве. Элементы могут быть материальными и нематериальными.

Поле (поле взаимодействия) – связи между элементами в системе в рамках определенного пространства. В физике различают различные виды полей: электромагнитные, гравитационные, ядерные – сильные и слабые. В ТРИЗ используют понятия механического, химического, звукового и другие типы полевого взаимодействия. В математике выделяют скалярное и векторное поля. В лингвистике – семантическое поле. В юриспруденции – правовое поле и т.д. Для поля взаимодействия характерны следующие признаки: оно обязательно связано не менее чем с двумя элементами, оно связано с пространством. Изменения параметров одного элемента приводят через поле взаимодействия к изменению параметров другого (других) элементов в рамках пространства распространения поля взаимодействия элементов. Поля всегда имеют протяженность в пространстве. Поля взаимодействия могут быть материальными и нематериальными. Материальные элементы могут быть связаны нематериальными полями взаимодействия.

Пространство. Это фундаментальное, но одновременно и довольно сложное для четкого определения понятие. Выделяют физическое пространство, евклидово пространство, многомерное, векторное, Гильбертово, культурное, правовое и другие виды пространств. Для пространства характерно наличие тех или иных координат, определяющих расположение элементов и их возможное перемещение в том или ином пространстве, протяженность элементов, расстояние, окрестность и т.д. Пространство неотделимо от элементов, которые могут быть расположены в этом пространстве. Например, формирование юридических элементов и юридического пространства происходило в истории цивилизации одновременно.

Свойство. Философская категория, выражающая такую сторону предмета, которая обуславливает его различие или общность с другими предметами и обнаруживается в его отношении к ним (БСЭ). В качестве предмета могут выступать материальные или нематериальные объекты, системы, элементы, поля взаимодействия. Свойство – это довольно сложное и противоречивое понятие. С одной стороны оно касается некоего конкретного объекта, а с другой – о свойстве можно говорить только в контексте какого-то второго объекта, взаимодействующего с первым. Если, например, еще не открыто электричество или еще не сформировались рыночные отношения, то невоз-

TDS-2013.

можно говорить о таких свойствах золота как электропроводность или о его свойствах стандартного биржевого товара. На практике в некоторых случаях описывать свойства того или иного объекта оказывается довольно сложно, так как существует неопределенно большое количество надсистем, в которых могут проявиться те или иные его свойства.

Параметр (от греч. Parametreo – меряю, сопоставляя). Это величина (не всегда число), однозначно характеризующее то или иное свойство материального или нематериального объекта, пространство или время. Пример параметров, которые не являются числом: цвет (зеленый, синий, красный, светлая вишня, шоколадная, кожа буйвола и т.д.), химический состав, структура вещества и т.д. Для измерения значения параметра всегда используются другие эталонные объекты, имеющие стандартное значение этого параметра: эталоны расстояния, веса, времени, цвета и т.д. Пример параметров юридического объекта: название, тип документа, дата принятия и внесенных изменений, дата вступления в силу, параметры отдельных составляющих документа (для каких лиц, величина срока наказания, величина штрафа и т.д.). Аналогично можно выделить параметры для патентных материалов, для программных продуктов и других нематериальных объектов.

Параметр» имеет несколько важных характеристик:

- Параметр существует не сам по себе, он всегда привязан к тому или иному объекту, характеризует состояние этого объекта;
- Изменить значение параметра можно, только воздействуя на объект другим субъектом;
- Время является параметром для процессов или операций;
- Параметр можно измерить тем или иным способом, включая экспертные оценки;
- Для одного и того же параметра существуют не менее двух объектов, характеризующихся этим параметром, параметр не может быть уникальным только для одной системы;
- Параметр можно увеличивать, уменьшать, стабилизировать, изменять, измерять;
- Параметры объекта могут быть взаимосвязанными между собой;
- Взаимная связь (зависимость) между параметрами объекта определяется свойствами этого объекта;
- Объект может характеризоваться разными параметрами в зависимости от аспекта его рассмотрения;
- Параметры объекта могут быть связаны причинно-следственными цепочками и создавать иерархические параметрические структуры;

В зависимости от аспекта рассмотрения системы параметры могут быть:

TDS-2013.

- физическими и химическими (температура, масса, давление, освещенность, кислотность и др.),
- биохимическими (уровень глюкозы в крови, уровень холестерина, титр антител и др.),
- техническими (производительность, надежность, точность измерения и др.),
- экономическими (прибыль, ликвидность, рентабельность и др.),

Могут использоваться и узкоспециальные параметры. Например, для жестких магнитных дисков (винчестеров) используют специальные параметры: Диаметр дисков, Число секторов на дорожке, Скорость передачи данных, Время перехода от одной дорожки к другой и т.д.

Объект. Обычно понятие объект употребляют как противопоставление субъекту: субъект воздействует, или изучает объект. Кроме такого понимания объекта мы будем использовать и другое, более широкое представление: некий целый предмет, вещь, явление, сущность в виртуальном пространстве и т.д. Объектом может быть любая материальная или нематериальная система, но в объекте в отличие от системы могут быть не выделены компоненты, из которых он состоит.

Компонент (от лат. componens (compo-nentis) составляющий). Это составляющая часть материального или нематериального объекта. Компонентом может быть элемент или поле взаимодействия.

Функция (от лат. functio - исполнение, осуществление). Субъект функции изменяет параметры объекта функции. Изменение понимается в данном случае более широко: параметр объекта увеличивается, уменьшается, стабилизируется, изменяется, измеряется. Функцию системы определяет надсистема, она может быть полезной или вредной.

Элеполе (элемент-поле). Это модель материальной или нематериальной системы, состоящая из элементов, полей и функций. Элементы и поля в элеполе мы называем компонентами элеполя. Внутренний элеполе состоит как минимум из двух элементов, поля их взаимодействия, функции и с позиций надсистемы обладает свойствами элемента. Модель внутреннего элеполя можно записывать по форме: Что – При помощи какого поля – Действует – На какой объект. Внешний элеполе состоит как минимум из двух полей, элемента их преобразования, функции и с позиций надсистемы обладает свойствами поля. Модель внешнего элеполя можно записывать по форме: Поле – При помощи какого элемента – Преобразуется, измеряется – В какое поле. В элеполе поле взаимодействия должно быть однородным: с одним элементом оно должно взаимодействовать по тому же свойству, что и с другим. Простейший элеполе либо не имеет под-элеполя, либо его под-элеполи имеют поля взаимодействия более низкого иерархического уровня.

Веполь (вещество и поле) – это элеполе для материальных систем, в котором элементами являются вещества, а поля являются материальными (фи-

TDS-2013.

зические, химические, биологические, технические). Вещество - материальный элемент, обладающий массой покоя.

Другие термины (функционально-полевой анализ, пространственный системный оператор и другие) описаны в соответствующих разделах статьи.