

Инструментарий ТРИЗ

ЭЛЕМЕНТНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФЛИКТОВ: ЭФМ.К

*Смирнов Е.Е.,
Санкт-Петербург*

Статья посвящена усовершенствованию одного из самых недооцененных методов моделирования конфликтов: вепольного анализа. Рассматриваются вопросы повышения инструментальности методов моделирования конфликтных ситуаций.

Даны рекомендации по повышению эффективности приёмов и обозначено их место в процессе решения изобретательских задач.

Ключевые слова: ТРИЗ, методология, веполи, вещественно-полевой анализ, вепольный анализ, функциональный анализ, функциональные системы, элементно-функциональное моделирование конфликтов, ЭФМ.К, приёмы, противоречие условий, ПУ, противоречие требований, ПТ.

Введение

Предлагается краткий обзор основных принципов элементно-функционального моделирования, которое не только приходит на смену вепольному анализу, но и становится связующим методом для других инструментов, используемых в рамках ТРИЗ.

Цель данной работы – освещение текущего положения дел в совершенствовании вепольного анализа, предложения по его радикальному изменению, а также – по повышению эффективности применения и других инструментов ТРИЗ на примере приёмов разрешения противоречий.

Предпосылки

На сегодняшний день использование вепольного анализа чаще всего ограничивается учебными занятиями. Практическое его применение ограничено рядом существенных недостатков. Полагаю, не имеет смысла здесь подробно рассказывать о том, что из себя представляет этот вид анализа. Вот лишь некоторые определения.

Одно из первых определений веполя дано в работе [1]: «*Веполь является минимально полной моделью идеальной технической системы*». Здесь присутствовали: поле (П), вещество (В) и среда (С). Как вариант – рассматривался веполь с полем (П) и двумя веществами (2В), каждое из которых является средой по отношению к другому. Этот последний вариант, где два вещества – «инструмент» и «изделие», – используется и сейчас. Однако, по современным представлениям, в состав функциональной системы (ФС) изделие не входит. Но определения при этом изменились несущественно, например: «*Веполь является минимальной моделью технической системы: он*

включает изделие, инструмент и энергию (поле). необходимую для воздействия инструмента на изделие» [2, стр. 91].

Таким образом, для проведения вепольного анализа и сейчас строится так называемый треугольник «2В+1П», который используется решателями даже тогда, когда задачи не подходят под эту модель.

Вот пример еще одного определения, которое, во-первых, непонятно на основании какого правила, предполагает наличие выявленного противоречия и, во-вторых, «включает» психическую инерцию мышления и четко настраивает на строительство треугольника по формуле «2В+1П»: *«Вепольный анализ проводится в оперативной зоне возникновения задачи, т.е. там, где выявлено физическое противоречие. В этом месте обязательно должны быть два вещества В1 и В2, полезно или вредно взаимодействующие между собой, и поле П, которое связывает эти два вещества» [3, стр. 89].*

Близкий вариант поиска решений через формулирование и разрешение физических противоречий предложен в работе [4]. И основным недостатком здесь является формулирование подсистемных по своей сути (физических) противоречий на системном уровне, сразу при анализе проблемной ситуации. Исключение такого перехода между системными уровнями лишает метод дополнительной эвристической силы.

Также предпринимаются попытки усовершенствования вепольного анализа, но массового распространения и эти новые версии не имеют.

Краткий обзор работ по усовершенствованию вепольного анализа

За последнее время не так много работ посвящались вепольному анализу и системе стандартов. И большая их часть была представлена на Саммите разработчиков 2013 года в теме «Дальнейшее развитие вепольного анализа».

Все статьи содержат перечни как общих недостатков этого инструмента, так и недостатков, мешающих решать вполне конкретные задачи. Так, в работах [5, 6] представлены варианты модификации классического вепольного анализа, применительно к информационным системам:

произведена замена «вещества» на «элемент» и использовано понятия «элеполю», а также сделана попытка объединения с функциональным анализом: *«Общность элеполя с моделью функции позволяет перенести инструменты функционального анализа в элеполюный анализ. Мы будем называть этот вид анализа функционально-полевой анализ систем»; и с функционально-ориентированным поиском (ФОП). Однако, далее, при сравнении с «множеством» делается следующее утверждение: «и во множестве, и в элеполе функции могут быть, а могут и не быть» [5];*

веполь переименован в EI-Action (именно так – по-английски): элемент-действие, а также вводится ещё один компонент – Knowledge (знание): *«Модель, включающая элемент, действие и знание будем называть ЕАК. Методику анализа и преобразования ЕАК будем называть ЕАК анализ». Также рассмотрены особенности применения ЕАК анализа для систем обработки информации: «В этих системах элемент представлен в виде данных (Data – D), действие – функция (Function – F) и знание (Knowledge – K). Модель,*

включающая *Data, Function, Knowledge* будем называть *DFK*. Методику анализа и преобразования *DFK* будем называть *DFK анализ*» [6].

В работе [7] рассмотрен вариант моделирования взаимодействий в биологических (живых) системах, но не выходя за рамки классических представлений о вепольном анализе.

В обзоре книги [8] речь идёт об адаптации вепольного анализа и системы стандартов к быстрому обучению инженеров – здесь, для простоты, преобразования стандартной вепольной формулы проводятся лишь с помощью 5 правил, отобранных из 76 стандартов, вероятно, по принципу частотности их использования. Кроме того, автором работы [8] рассмотрен вариант представления системы как набора полей и веществ, что является полным аналогом структурно-энергетического синтеза систем из более ранней работы [9, стр. 73].

В статье о веполях [10] предлагается применение процессного подхода с заменой и «веществ», и «полей» на «ресурс». И в итоге, автор полагает, что подобные схемы процессов: *«1. Во всех рассмотренных случаях ничуть не менее эвристичны, нежели классические вепольные схемы. 2. Позволяют уйти от множественности протовепольных схем задачи, то есть, от субъективности. 3. Логично объединяют классический ВА, функционально-идеальное моделирование и процессный подход как таковой. 4. Предполагают замену термина «вепольный анализ» на что-то вроде «системно-процессное моделирование» (СПМ)»*. Однако и такое представление метода моделирования конфликтов не имеет продолжения.

В других работах авторы в основном ограничиваются перечислением недостатков классического вещественно-полевого анализа и отдельными рекомендациями по его улучшению. Высказываются, в частности, пожелания в улучшении визуализации процесса структурного и динамического описания (технических) систем, что связано, в первую очередь, с несовершенством графических средств вепольного анализа. Для этого предлагается составить техническое задание на проведение исследовательской работы [11].

Рекомендуется, объединить вепольный анализ и ФСА [11, 12], соединив их сильные стороны, а также согласовать аксиоматику этого инструмента с аксиоматикой системного анализа и ТРИЗ в целом [13]. Однако и эти рекомендации не имеют реального воплощения.

Кроме того, предлагается сократить изучение вепольного анализа в общем курсе ТРИЗ [11], или даже отказаться от развития вепольного анализа и системы стандартов как самостоятельного инструмента [12].

Список основных минусов разных версий аналогов вепольного анализа:

- ещё встречается смешение понятий «система» и «конфликт» при вариантах моделирования, основанных на вепольном анализе;
- не в полной мере реализовано использование условий существования и работоспособности систем, а также почти не представлен функциональный подход;

- термины «вещество» и «поле», если и заменяются на другие, то или слишком обще [10], или наоборот – узкоспециализировано [6];
- варианты получения образов решений из построенных моделей либо отсутствуют, либо сводятся к применению системы стандартов: немного видоизмененной [5, 9] или значительно сокращённой [8], – то есть основаны на том же принципе, что и классический вепольный анализ;
- ни один из предложенных вариантов моделирования не предполагает визуализации противоречий.

Основные положения

При решении задач через классический вепольный анализ, не всегда возможно воспользоваться нужным стандартом или выбрать наиболее подходящий. Особенно, если у него нет графической интерпретации. Например, всем хорошо известная задача о поиске иголки в стоге сена. Чаще всего её решают по правилу синтеза веполя (стандарт 1.1.1 [14]), когда есть два вещества: иголка и сено, и отсутствует поле [3, стр. 90]. Кажется, что такое построение модели очевидно и не нуждается в пояснениях. Но фактически происходит подмена задачи: вместо поиска (обнаружения) осуществляют разделение сена и иголок. Аналогично можно решать задачу о поиске рыбы в океане – будете ли вы решать её отделением рыбы от воды, прикладывая какие-либо поля?

Одна из основных причин подобных ошибок в моделировании – отсутствие в вепольном анализе функциональной составляющей. Не находит она должного отражения и в представленных в обзоре работах. Вторая причина – слабое использование системного подхода, что связано, скорее всего, с тем, что моделирование систем (функциональных систем или по классике – технических систем) носит лишь описательный характер.

Попытку применения системного подхода сделали авторы [9, стр. 82] при разработке структурно-энергетического синтеза систем. Но подобные «энергоцепочки», построенные из элементарных структурных звеньев, хотя и являются значительным шагом на пути повышения эффективности вепольного анализа, также содержат существенные недостатки, мешающие широкому распространению этого метода, а именно:

- В качестве элементарных компонентов используются всё те же «вещества» и «поля», и потому принципы взаимодействия позаимствованы из вепольного анализа;
- Управляющий энергопоток ограничивается физэффектами: *«Подобных пар «вещество – поле», обеспечивающих управляемость систем, в природе известно довольно много. В частности, могут быть использованы ферромагнитные вещества или феррочастицы с магнитными или электромагнитными полями. А также электрическое поле и электрореологические жидкости (то есть смеси, меняющие свою вязкость под действием электрического поля)»;*

- Принцип полноты системы, включающий 4 типа элементарных структурных звеньев, и представленный в описании метода, не используется в полной мере при построении моделей, что приводит к упущению ряда возможных направлений преобразования этих моделей;
- «Изделие» рассматривается как приемник поля – в «изменительных» системах, или как его преобразователь – в «измерительных», но нигде оно не достраивается до полной функциональной системы, по аналогии с «инструментом», что существенно ограничивает область применения таких моделей и сужает поле поиска возможных решений – в данном случае – за счет неиспользования ресурсов «изделия»;
- Отсутствует функциональность: взаимодействия элементарных звеньев не конкретизируются, даже если одно из них – «изделие».

Что же необходимо сделать? Для начала – устранить большую часть недостатков, упомянутых выше. В частности – избавиться от стереотипного описания модели в виде треугольника «2В+1П», однозначно определить область моделирования – конфликтной ситуации, ну и, пожалуй, самое главное – применить понятия и модели, использующиеся в рамках отработанных подходов: системном и функциональном.

На практике, системный подход идёт в связке с функциональным, потому что объекты (устройства, процессы) реального мира, используемые человеком, имеют каждый своё предназначение, выражаемое через понятие **функции**. Таким образом, объекты моделируются в виде **функциональных систем (ФС)**. В ТРИЗ, функциональная система состоит из ряда частей. Например, в книге [15, стр. 94-97] автор определяет обязательное наличие у технической системы (ТС) четырёх частей: Двигателя (Д), Трансмиссии (Т), Органа управления (ОУ) и Рабочего органа (РО). Источник энергии (ИЭ) тут либо совпадает с Двигателем, либо вынесен за пределы системы, когда энергия поступает извне, в том числе и от человека.

И сейчас, от описательного характера моделирования объектов в виде ФС, необходимо перейти к инструментальному его варианту. Но для этого следует лучше разобраться, что из себя представляют выделенные части (ИЭ, Д, Т, РО, ОУ), и какую роль они играют в процессе функционирования систем.

Вот что пишет по этому поводу К. Маркс [16]: *«Всякое развитое машинное устройство состоит из трёх существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма, наконец машины-орудия, или рабочей машины. Машина-двигатель действует как движущая сила всего механизма. Она или сама порождает свою двигательную силу, как паровая машина, калорическая машина, электромагнитная машина и т. д., или же получает импульс извне, от какой-либо готовой силы природы, как водяное колесо от падающей воды, крыло ветряка от ветра и т. д. Передаточный механизм, состоящий из маховых колёс, подвижных валов, шестерён,*

эксцентриков, стержней, передаточных лент, ремней, промежуточных приспособлений и принадлежностей самого различного рода, регулирует движение, изменяет, если это необходимо, его форму, например превращает из перпендикулярного в круговое, распределяет его и переносит на рабочие машины. Обе эти части механизма существуют только затем, чтобы сообщить движение машине-орудию, благодаря чему она захватывает предмет труда и целесообразно изменяет его».

При анализе имеющегося инструментария и его приложений к решению задач – стало очевидно, что части системы – это преобразователи энергии (точнее – её характеристик), необходимой рабочему органу для реализации назначения системы (функции):

- Преобразователи 1-го рода – изменяют качество энергии, то есть её вид;
- Преобразователи 2-го рода – изменяют количество и пространственно-временную организацию (интенсивность, направление, место приложения) потока энергии.

Если говорить в целом, то для понимания того, чем является каждая из частей системы (преобразователь), удобнее использовать такое понятие как **элемент**, который может быть выражен через:

1. Вещество,
2. Энергию,
3. Информацию.

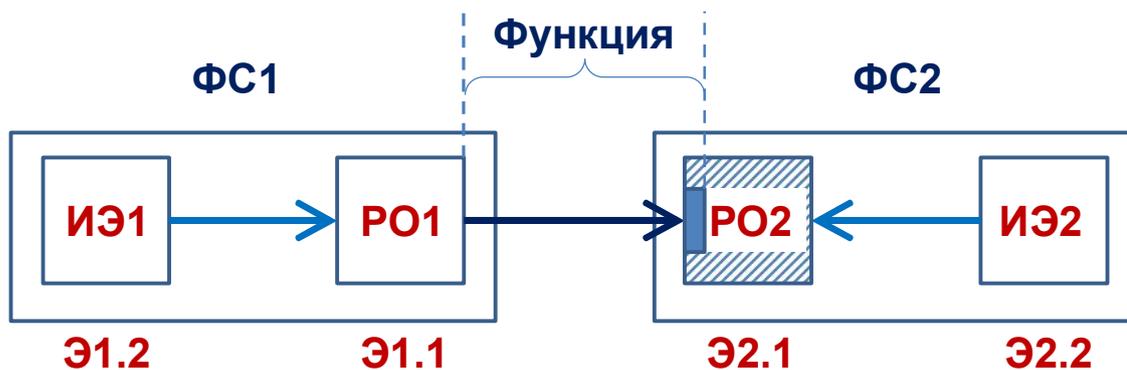
Отсюда очевидно, что **функциональная система определяется** наличием совокупности базовых **элементов** (со своей структурой и внутренней функциональностью) и внешней **функцией**, то есть способностью производить изменение какой-либо характеристики элементов других систем: состояний, свойств, параметров.

Итак, для обеспечения работоспособности системы, необходимо, чтобы она имела исполнительный элемент, а также возможность получения этим элементом энергии, в достаточном объеме и требуемом виде для реализации заданной функции.

Чаще всего, системе минимально необходимо иметь именно 2 элемента: рабочий орган и источник энергии. При необходимости – вводятся дополнительные преобразователи энергии, а также система минимального управления, то есть, обеспечивающая возможность включения/выключения подачи энергии к РО.

И, естественно, построение не может обойтись без наличия «изделия», которое также достраивается до полной ФС, аналогично – прибавлением источника энергии к его исполнительному элементу.

При наличии неудовлетворительно выполняемых функций возникает конфликт, а значит имеет место модель конфликта и такая модель может быть названа **элементно-функциональной** или **ЭФМ.К.**



Вариант представления ЭФМ

Таким образом, определены 2 базовых кирпичика из которых состоит любая функциональная система: 1) Элемент-преобразователь энергии и 2) Функция.

При элементно-функциональном моделировании достаточно больших систем, точнее, систем с большим числом элементов, во-первых, учитываются только те элементы, которые участвуют в рассматриваемых взаимодействиях и, во-вторых, границы элементов, как и границы систем, задаются, исходя из условий задачи и здравого смысла. То есть если мы усовершенствуем компоненты, например, электрогенератора, то можем все их рассмотреть, как отдельные элементы, с требуемым уровнем детализации. Но если генератор является источником электрической энергии системы, то его можно представить в виде единственного элемента-ИЭ.

То есть, здесь действует принцип фрактальности, когда каждый элемент, до определённого предела, может быть разложен на составляющие элементы, отношения которых представляют из себя также функциональные системы.

Далее можно говорить о различных видах таких моделей и вариантах их преобразований, которые сводятся к правилам. То есть: сначала необходимо провести анализ ситуации и построить элементно-функциональную модель конфликта; после чего анализируется модель, и через применение правил происходит синтез новых моделей: моделей направлений поиска решений.

ЭФМ.К → ЭФМ.НПР

После чего идет синтез решений. Но для этого необходимо уже использовать эвристические методы, аналогии, а также образное мышление (воображение), способствующие преодолению финального барьера, разделяющего модели решений от их реальных воплощений.

Наиболее популярным эвристическим методом является использование приёмов. Но вот как эти приёмы использовать наиболее эффективно?

Приемы

Задача про поиск иголки в сене – довольно простая. Но есть и более сложные задачи, которые здесь не рассматриваются. А потому вопрос про использование приёмов разбивается на две части:

1. В простых задачах решение получается на уровне правил, и встаёт вопрос «Зачем нужны приёмы?».
2. Для сложных задач возникает немного другой вопрос: «Как использовать приёмы?», или «Как на них выходить?»

В классической ТРИЗ есть 2 **инструмента-аналога**, где используются приёмы:

1. Для разрешения **физических противоречий** в рамках АРИЗ.
2. Как итог работы с Матрицей Альтшуллера, предполагающей выход на приёмы через формулирование так называемых **технических противоречий**.

Можно ли каким-то образом использовать эти варианты для преобразований **ЭФМ.К**?

Первоначально, в рамках модели, мы определяем суть проблемы и направления её устранения. Верхушкой айсберга является **функция**, так как она играет роль индикатора активности элементов. И конфликт присутствует, если функция является неудовлетворительной, вредной или отсутствует там, где ей надлежит быть.

Это говорит о том, что есть неудовлетворительные характеристики в элементах, принимающих участие в реализации этих функций и отвечающих за её выполнение, как со стороны «инструмента», так и со стороны «изделия».

Несмотря на качественную неисчерпаемость материи, так как «каждая вещь обладает бесчисленным количеством различных качеств. Исследовав любое конечное число качеств вещи, мы не можем сказать, что эта вещь нами изучена уже полностью» [17, стр. 70], – возможно ограничиться конечным числом характеристик, значимых для условий конкретной задачи, и в наибольшей степени определяющих реализуемые функции. А значит, изменяя эти характеристики, можно изменить и функции в требуемом направлении (нормализовать). И для такого формального подхода как раз и могут быть применены приёмы, нацеленные на преобразования элементов и их отношений.

Применение приёмов на начальном этапе может привести к двум основным результатам:

1. Конфликт устранён, нежелательных последствий нет – задача решена;
2. Приём устраняет первоначальный конфликт, но появляется нежелательное изменение в нормальном функционировании элементов – может возникнуть неудовлетворительная функция, связанная с исправленной (нормализованной). В этом случае можно говорить о появлении **противоречия условий (ПУ)** – здесь условия связаны с применением/неприменением приёма.

Если приёмы сразу не сработали, и конфликт не удалось устранить без последствий, значит задача не решается на системном уровне и необходимо либо обратиться к надсистеме; либо перейти на микроуровень – к подсистемам, где ПУ переформулируется в **противоречие требований (ПТ)**, для устранения которого также возможно обратиться к использованию приёмов.

Пояснение. ПУ и ПТ¹ используются как более общие термины для противоречий, взамен ТП и ФП, принятых в классической ТРИЗ. Такие обозначения являются и более универсальными, а значит и применимыми в различных областях деятельности (а не только в технике), но и отражают суть противоречий данных типов: включающих в себя конфликты между, соответственно, условиями и требованиями.

Достоинства и сверхэффекты

Представленный вариант моделирования конфликтов обладает следующими основными преимуществами:

- Используются ресурсы системного и функционального подходов: осуществлён их синтез и инструментализация.
- Преодолены психологические барьеры на этапе описания правил построения моделей.
- Однозначность и универсальность терминов, а также чёткость управления правилами построения и преобразования моделей – всё это позволяет моделировать сложные конфликты, возникающие в любой области деятельности.
- Определено место приёмов и расширены возможности их конструирования (см. презентацию).
- Сделан существенный шаг к новому пониманию сущности изобретательских инструментов и их комплексному использованию.

Литература

1. Альтшуллер Г., Гаджиев Ч., Фликштейн И. Введение в вепольный анализ. – Баку, ОЛМИ, 1973, 26 с.
2. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач)/ Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филатов. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. – 381 с.
3. Иванов Г.И. Формулы творчества, или Как научиться изобретать: Кн. для учащихся ст. классов. – М.: Просвещение, 1994 – 208 с.
4. Глазунов В.Н. Параметрический метод разрешения противоречий в технике (методы анализа проблем и поиска решений в технике) – М.: «Речной транспорт, 1990. – 150 с.

¹ Термины ПУ и ПТ были введены автором в 2013 году и успешно апробированы на практических занятиях в СПб МОУ ТРИЗ.

5. Рубин М.С., Элепольный анализ как развитие вепольного и функционального анализа в ТРИЗ. URL: [http://triz-summit.ru/file.php/id/f5776/name/ Элепольный-Рубин-5.pdf](http://triz-summit.ru/file.php/id/f5776/name/Элепольный-Рубин-5.pdf)
6. Петров В., Воронов Г. Новый подход к вепольному (структурному) анализу. URL: http://triz-summit.ru/file.php/id/f5677/name/Petrov%20V.%20Voronov%20G.%20A%20new%20approach%20to%20Su-Field%20_structu.pdf
7. Sara Greenberg. Introducing substance-field, as a method for studying living systems. URL: <http://triz-summit.ru/file.php/id/f5669/name/Introducing%20substance-field%20as%20a%20method%20for%20studying%20liv.pdf>
8. Бельский Ю. Инструменты ТРИЗ для XXI века: современный вещественно-полевой анализ URL: <http://triz-summit.ru/file.php/id/f4543/name/SuFieldBelskiPart1-1-RUSS-BK-1.doc>
9. Голдовский Б. И., Вайнерман М. И. Рациональное творчество. О направленном поиске новых технических решений. – М.: «Речной транспорт», 1990. (Методы анализа проблем и поиска решений в технике. – 120 с.
10. Королёв В.А. Веполи: 20 лет спустя (2). URL: <http://coroliov.trizinfor.org/works/ws6.html>
11. Фейгенсон Н.Б. Вепольной анализ и его аналоги – прагматические аспекты. URL: http://triz-summit.ru/file.php/id/f5678/name/TDS-2013_Feygensov_Su_Field_notes.pdf
12. Логвинов С.А. Проблемы обновления системы стандартов и вепольного анализа. URL: [http://triz-summit.ru/file.php/id/f5679/name/ Логвинов%20-%20статья%20ТРИЗ-Саммит%202013.pdf](http://triz-summit.ru/file.php/id/f5679/name/Логвинов%20-%20статья%20ТРИЗ-Саммит%202013.pdf)
13. Королев В.А. Веполи: 20 лет спустя. URL: <http://coroliov.trizinfor.org/data/c82.htm>
14. Альтшуллер Г.С. Маленькие необъятные миры: стандарты на решение изобретательских задач // В сб. "Нить в лабиринте". – Петрозаводск: Карелия, 1988. – С. 165-230. URL: <http://www.altshuller.ru/triz/standards.asp>
15. Как стать изобретателем: пособие для учителя / Саламатов Ю.П. – 2-е изд., дораб. – М.: Просвещение, 2006. – 272 с.
16. Карл Маркс. Капитал. Том 1. Глава 13. Машины и крупная промышленность. Развитие машин. URL: <http://www.esperanto.mv.ru/Marksismo/Kapital1/kapital1-13.html>
17. Уёмов А. И. Вещи, свойства и отношения. – М.: Изд-во Академии наук, 1963.

