

Международная Ассоциация ТРИЗ

Диссертационный Совет МА ТРИЗ

На правах рукописи

ЛОГВИНОВ

Сергей Анатольевич

**«Применение фазовых переходов для решения
изобретательских задач»**

**Автореферат диссертации
на соискание звания Мастер ТРИЗ**

**Научный консультант:
Мастер ТРИЗ
Наум Борисович Фейгенсон**

Санкт-Петербург

2010

Общая характеристика исследования

Настоящая работа относится к методам решения изобретательских задач применением стандартов. Работа посвящена созданию завершенной методики, облегчающей эффективное применение фазовых переходов для решения изобретательских задач. Методика включает в себя:

- Текст пяти стандартов (включая 15 подстандартов)
- Развернутые примеры применения стандартов (в общей сложности 98 примеров)
- Таблицу Условий Применения для выбора стандартов подклассов 5.3 и 5.4, которая позволяет переходить от результатов функционального анализа к использованию конкретного стандарта/подстандарта (список Функциональных Подсказок)

Методика может быть использована как самостоятельно, так и в составе полной системы 76 Стандартов вместо стандартов подклассов 5.3 и 5.4

Актуальность темы исследования

Фазовые переходы можно отнести к наиболее значимым в практическом отношении способам применения физических эффектов (далее – ФЭ). Это объясняется тем, что фазовые переходы:

- Часто применяются в патентах и практических решениях
- Наиболее соответствуют понятию идеального воздействия, так как: а) соответствуют концепции реализации идеального решения и максимального использования ресурсов (необходимое изменение в системе зачастую достигается без введения нового вещества), б) обеспечивают драматическое изменение свойств элемента за счет изменений на микроуровне и в) являются простыми однопараметрическими эффектами (реализуются изменением одного управляющего параметра).
- Весьма детально изученная (экспериментально и теоретически) часть ФЭ

Следует особо отметить, что за последние 10-15 лет произошло существенное расширение понятия фазового перехода в следующих направлениях:

- Исследованы фазовые переходы в полимерных и композитных материалах. Появление концепции «Умных материалов» во многом связано с реализацией ранее неизвестных или малоизвестных фазовых переходов в полимерах и композитах. Роль «Умных материалов» в современной технике не нуждается в комментариях.
- Активно изучаются и используются структурные фазовые переходы в наноразмерных системах. Значение наноматериалов в современной технике возрастает чрезвычайно быстрыми темпами, «подогреваемыми» мощным финансированием широкомасштабных исследований.
- Обнаружены аналоги фазовых переходов в открытых диссипативных системах. Это позволяет понимать закономерности поведения и эффективно управлять широким кругом физических, технических и социальных систем. Сюда входят процессы развития турбулентности (появление квазипериодических структур), шумоподобные и хаотические процессы (явления типа кинематического фазового перехода), процессы в экосистемах (скачкообразное изменение численности популяции), экономика и социальные структуры (понятие фазового кризиса и его аналоги) и т.д. Эта тематика выходит далеко за рамки данной работы, однако можно предположить, что развитие инструментов применения фазовых переходов позволит, в том числе, успешно применять ТРИЗ в нетехнических областях.

Первым методическим инструментом, регламентирующим применение фазовых переходов, является «Указатель применения физических эффектов», который был создан Ю. Гориним в 1973 году. Затем эта база эффектов была дополнена указателями химических, геометрических и биологических эффектов. Первые варианты указателей эффектов обеспечили решательные инструменты необходимым информационным фондом, но алгоритм выбора необходимого эффекта отсутствовал.

Существенным шагом вперед стало появление указателей с функциональным входом. Наиболее известные указатели такого типа содержались в программных продуктах проекта «Изобретающая машина» и его последующих модификациях. Однако и они не решали многих проблем, так как не позволяли:

- Выявлять ситуации, в которых целесообразно применение ФЭ
- Выбирать конкретный ФЭ из списка рекомендованных
- Определять способ применения ФЭ

В системе стандартов на решение изобретательских задач два подкласса предусматривают использование физических эффектов и фазовых переходов - подклассы 5.3 и 5.4. Потенциально стандарты имеют существенно большую инструментальность по сравнению с указателями. Однако, будучи разработанными одними из последних, эти стандарты описаны очень кратко. Например, описание стандарта 5.3.1 состоит всего из двух строчек текста, а пример, иллюстрирующий его применение, уложился в одну строку. Столь краткое описание делает стандарты этих подклассов малоприспособленными к практическому применению. Проблема краткости описания усугубляется еще одним фактором. Исторически эти стандарты находятся в самом конце достаточно громоздкой Системы 76 стандартов. Часто преподаватели передают эту группу стандартов на самостоятельную проработку. Поэтому краткость описания оказывается губительна для понимания и практического применения стандартов, регламентирующих применение фазовых переходов. Совершенно необходима разработка развернутых стандартов и CaseStudies, пригодных для самостоятельного изучения.

Г.С. Альтшуллер подчеркивал важность регулярного анализа текстов стандартов: «Описание обязательно должно содержать указание на срок действия стандарта. Стандарты дают решения, наилучшие только для данного уровня развития техники. В этих решениях есть, конечно, определенный запас прогностической прочности. Но все-таки периодическое обновление стандартов абсолютно необходимо». Несмотря на наличие большого количества публикаций, посвященных развитию системы стандартов, анализ текстов существующих стандартов на актуальность (т.е. на соответствие уровню развития техники) отсутствует.

Наконец, последняя проблема связана с аналитическими инструментами, позволяющими корректно обращаться к стандартам. Исторически первым и наиболее употребительным инструментом для выбора стандартов является вепольный анализ. Однако, в настоящее время функциональный анализ получил большое распространение и значительно дополнил вепольный анализ. Вместе с тем, в настоящий момент отсутствуют методические инструменты для перехода от результатов функционального анализа к выбору стандартов.

Перечисленные проблемы делают задачу совершенствования системы стандартов в целом чрезвычайно актуальной. Данная работа сфокусирована на совершенствовании стандартов подклассов 5.3 и 5.4. На первый взгляд, такой выбор объекта исследования может показаться чрезмерно узким. Но следует учесть, что стандарты этого подкласса не только наиболее применимы в изобретательской практике. Они же являются одним из средств разрешения физических противоречий

в АРИЗ-85В (Шаг 5.3, в котором 5 из 11 способов разрешения физических противоречий адресуют к применению фазовых переходов). Кроме того, совершенствование методик применения фазовых переходов является наиболее естественным и перспективным шагом в улучшении методики использования всех остальных указателей эффектов.

Цели и задачи исследования

Целью настоящей работы является повышение инструментальности группы стандартов, регламентирующих применение фазовых переходов. Для этого предполагалось решить следующие задачи:

- Провести углубленную разработку стандартов, регламентирующих применение фазовых переходов, включая выявление подстандартов как типовых ситуаций применения стандартов
- Синтезировать алгоритм перехода от проблем, выявленных функциональным анализом к стандартам, использующим фазовые переходы
- Подготовить Case Studies для изучения предложенных инструментов

Фактически, ввиду крайне малого объема имеющихся стандартов, речь идет о практически полном написании новых текстов и подборе современных примеров.

Методы решения поставленной проблемы.

В работе использован традиционный для тризовских исследований подход - анализ научной и технической информации для выявления и систематизации технических решений высокого уровня и способов их получения. Обычно такой анализ сосредоточен в первую очередь на патентах. При всех хорошо известных достоинствах эта информационная база, а так же полученные ее анализом результаты, имеют следующие недостатки:

- Массив патентной информации содержит большое количество «бумажных», т.е. не реализованных (а иногда и в принципе нереализуемых) технических решений
- В настоящее время патентная информация значительно (до 2-3 лет, а в некоторых случаях – до 4-х лет) отстает по времени от научных публикаций
- Глобализация мирового патентного законодательства зачастую ограничивает возможность использования запатентованных способов решения технических проблем в других областях техники. Это особенно сильно проявляется в практическом использовании физических эффектов и фазовых переходов.

Поэтому в традиционный подход внесены существенные дополнения. Помимо патентов, большое внимание было уделено источникам двух типов:

- Научные публикации, описывающие новые фазовые переходы или новые области применения уже известных фазовых переходов. Анализ таких публикаций позволяет выявлять «перспективные» физические эффекты и фазовые переходы задолго до их появления в патентах.
- Технические решения, заложенные в основу лучших систем, присутствующих на рынке. В этом случае даже однократное успешное применение эффекта или перехода (на уровне принципа действия) дает основание для его рассмотрения как кандидата на включение в стандарт.

Вторая важная особенность работы – широкое использование понятия подстандарта. При анализе примеров, иллюстрирующих применение стандарта, по возможности выделялись подстандарты. Подстандарт — более узкая, типовая, чаще

других встречающаяся ситуация применения стандарта. При этом область действия стандарта ни коим образом не ограничивается выделенными подстандартами и не сводится к ним. Этот подход имеет некоторое сходство с идеей применения микростандартов, предложенной Л. Певзнером. Однако он предполагал построение системы стандартов «снизу вверх» - накопление базы микростандартов и их последующую систематизацию. А в представленной работе стандарты строятся «сверху вниз» - в описанном стандарте выделяются более узкие типовые ситуации применения. Аналогичный (в методическом отношении) подход применяется в работах Н.Фейгенсона (идентификация микротрендов, определяющих развитие ТС на 3-м этапе) и А.Любомирского (выделение субтрендов - типовых ситуаций проявления трендов развития ТС).

Следует отметить, что такой подход оставляет возможность гибкого использования предложенных рекомендаций. Если решателю достаточно рекомендаций стандарта, он может не обременять себя рекомендациями подстандартов. Если решения найти не удалось – следует применить рекомендации данной диссертационной работы, несколько более сложные и громоздкие, но, вместе с тем, более мощные и инструментальные. В качестве прототипа такого подхода использованы работы В.Петрова, предложившего использовать три уровня сложности алгоритма при изучении АРИЗ (понятия Логика АРИЗ – Краткий АРИЗ – Полный АРИЗ).

Структура и объем работы

Представленная работа состоит из трех частей. Первой частью является собственно диссертационная работа, в которой, в соответствии с требованиями МАТРИЗ, отражены актуальность и цели исследования, показана применяемая методика и приведены основные результаты. В текст работы включен анализ стандартов и обоснование вводимых в них изменений. Вторая часть – краткий вариант новой версии стандартов, предназначенный для повседневной работы. Он включает в себя текст стандартов и набор рекомендаций «условие применения / функциональная подсказка» для перехода от результатов функционального анализа к стандартам и подстандартам. Третья часть – полный текст предложенной автором новой версии стандартов (69 страниц), включающий в себя описание стандартов и развернутые примеры их применения (фактически – это CaseStudies). Этот документ может использоваться как при первоначальном изучении новых стандартов, так и для дополнения существующих баз физических эффектов.

Основное содержание работы

В разделах 1-5 изложена постановка проблемы, дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, сделан обзор известных подходов к проблеме, сформулирована развернутая постановка проблемы.

В разделе 6 описаны методы решения поставленной проблемы. Обосновано применение расширенной (относительно патентной) информационной базы для выявления закономерностей развития и совершенствования технических систем. Показаны методические особенности применения понятия «подстандарт», его связь с другими инструментами ТРИЗ.

Раздел 7 содержит развернутый анализ текста существующих стандартов и обоснование вводимых изменений и дополнений. Уточнено использование понятия «фаза». Для подкласса 5.3 показана целесообразность и механизм перехода от пяти стандартов к трём. В текст стандартов внесены следующие важные изменения:

- Раздельно проанализированы примеры замены фазового состояния вещества для рабочего органа, трансмиссии, источника энергии и изделия.
- Показаны особенности реализации стандартов на разных системных уровнях
- Сформулирован трехшаговый мини-алгоритм развертывания элемента ТС переходом к двухфазному состоянию.
- Показаны особенности применения двухфазных элементов ТС для разрешения противоречий разделением во времени и пространстве
- Для стандарта 5.4.1. введены понятия обратимости по функции и по параметру.

В заключительной части раздела приведена Таблица Условий Применения¹, позволяющая переходить от результатов функционального анализа к использованию конкретного стандарта / подстандарта в качестве Функциональной Подсказки

Раздел 8 описывает результаты анализа проведенного исследования. Дана сводная таблица изменений, внесенных в текст стандартов.

Разделы 9 и 10 описывают результаты практического применения разработанных стандартов и личный вклад соискателя.

Раздел 11 содержит выводы и рекомендации.

Научная новизна исследования

Научная новизна исследования заключается в создании новых аналитических и решательных инструментов, а также в способе соединения инструментов в систему. В частности, автор считает новым:

- Предложенный текст стандартов
- Все формулировки подстандартов, детально описывающие типовые случаи применения стандартов
- Трехшаговый мини-алгоритм развертывания элемента ТС через увеличение количества фаз
- Формулировки функциональных подсказок, описывающие применение предложенных стандартов и подстандартов
- Таблицу «Условия Применения / Функциональная Подсказка», предназначенную для перехода от результатов функционального анализа к стандартам и подстандартам, описывающим применение фазовых переходов
- Понятия «обратимость физического превращения относительно параметра» и «обратимость физического превращения относительно функции»
- Определение дополнительных точек входа в Систему Стандартов из Части 4 АРИЗ-85В

Практическая значимость исследования

Практическая значимость исследования заключается в том, что существенно повышена инструментальность системы стандартов в части применения фазовых переходов, так как:

- Текст и структура стандартов существенно доработаны, сформулированы новые подстандарты

¹ Использована предложенная А.Пиняевым система типовых Условий Применения (Application Conditions)

- Создан эффективный инструмент перехода от результатов функционального анализа к стандартам, регламентирующим применение фазовых переходов
- Создан пакет детально описанных Case Studies для изучения предложенных инструментов, в том числе самостоятельного
- Предложенная методика хорошо согласована с имеющимися ТРИЗ-инструментами (Системой стандартов, АРИЗ-85В (Шаг 5.3) и ЗРТС)

Предложенные инструменты являются «открытой системой», т.е. могут оперативно расширяться и совершенствоваться включением описаний новых фазовых переходов. При этом новые фазовые переходы, имеющие иерархический ранг ниже, чем подстандарты, могут служить основой для разработки новых подстандартов.

Основные положения, выносимые на защиту

- Текст Стандарта 5.3.1 «Замена фазового состояния вещества», включая 4 подстандарты и 24 примера
- Текст Стандарта 5.3.2 «Переход к двухфазному элементу», включая 3 подстандарты, 30 примеров. Входящий в текст Стандарта трехшаговый мини-алгоритм развертывания элемента ТС переходом к двухфазному состоянию
- Текст Стандарта 5.3.3 «Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу», включая 3 подстандарты и 12 примеров
- Текст Стандарта 5.4.1 «Использование обратимых физических и химических превращений», включая 2 подстандарты и 12 примеров
- Текст Стандарта 5.4.2 «Усиление поля на выходе», включая 3 подстандарты и 20 примеров
- Комплекс рекомендаций «Условие применения/функциональная подсказка» для перехода от результатов функционального анализа к стандартам и подстандартам, регламентирующим применение фазовых переходов

Личный вклад соискателя.

Все предложения, описанные в разделе «Научная новизна исследования» автореферата, являются личным вкладом соискателя.

Апробация работы

Результаты работы успешно докладывались на следующих международных конференциях:

- Конференция ТРИЗФест-2009 (Россия, СПб, 27-28.07.2009)
- The 1st International Conference on Systematic Innovation ICSI 2010 (Taiwan, Hsinchu, 22-25.01.2010)
- KOREATRIZCON 2010 (Korea, Seoul, 11-13.03.2010)

Методические рекомендации диссертационной работы были апробированы автором при анализе и решении многочисленных практических задач. Кроме того, они прошли практическую апробацию в НИЦ «Алгоритм», где использовались для обучения и решения практических задач.

Выводы

В результате выполнения работы получены следующие методические результаты:

- Для выявления закономерностей развития и совершенствования технических систем следует применять расширенную (относительно патентной) информационную базу, обеспечивающую: а) более оперативное получение научной и технической информации и б) выявление технических решений высокого уровня, не защищенных большим количеством патентов
- Разработан способ выявления подстандартов путем систематизации эмпирического материала с использованием классификационных признаков, сформированных на основе понятийного аппарата Функционального Анализа и ЗРТС.
- Усилена связь стандартов, регламентирующих применение фазовых переходов, с другими инструментами ТРИЗ: а) Определены дополнительные точки входа в Систему Стандартов из Части 4 АРИЗ-85В, б) Разработана Таблица Условий Применения, позволяющая переходить от результатов функционального анализа к использованию конкретного стандарта/подстандарта в качестве Функциональной Подсказки и в) Для части стандартов сформулированы рекомендации по выбору уровня согласования элемента ТС (Надсистема – Техническая Система - Подсистема)
- Показана эффективность разделения понятия «обратимость физического превращения» на два: «обратимость физического превращения относительно параметра» и «обратимость физического превращения относительно функции». При этом большинство фазовых переходов позволяют реализовать обратимость относительно параметра. Обратимость относительно функции реализуется фазовыми переходами только для функций вида «выделять/поглощать [энергию]»

В результате выполнения работы получены следующие практические результаты:

- Существенно повышена инструментальность стандартов, регламентирующих применение фазовых переходов
- Подготовлены Case Studies для изучения группы стандартов, описывающих рекомендации по применению фазовых переходов. Объем и проработанность позволяет использовать их для самостоятельного изучения этой части Системы Стандартов

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего развития методических инструментов ТРИЗ путем:

- Применения апробированных в работе методических подходов к полной Системе Стандартов для расширения информационной базы и выявления подстандартов
- Разработки и внедрения Таблицы Условий Применения для полной Системы Стандартов, что позволит эффективно использовать Стандарты совместно с Функциональным Анализом.

Большой интерес представляют два направления возможного продолжения работ. Работы последних лет в области физики кластеров и фазовых переходов в кластерных системах позволяют успешно оперировать понятием «пустотность» при описании фазовых переходов. Это, в свою очередь, позволяет логично объединить стандарты, регламентирующие использование «пустотности» в тризовском смысле со стандартами, регламентирующими применение фазовых переходов. Второе возможное направление – включение в стандарты определений фазовых переходов, используемых при описании нетехнических (социальных, экономических и др.) систем. Это позволит использовать стандарты в нетехнических областях.

Публикации по теме исследования

1. С.А.Логвинов, П.А. Егоянц «Разрешение противоречий с использованием фазовых переходов через сверхкритическое состояние», ТРИЗфест-2009, сборник материалов, стр.174-180, <http://www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=4338>.
2. Sergey Logvinov, Petr Egoiants «Resolution of physical contradictions with use of second-order phase transitions» The 1st International Conference on Systematic Innovation ICSI 2010, conference proceedings, p.53.
3. Sergey Logvinov «Development of the "5.3 subgroup" of Standard for solving inventive problems» KOREATRIZCON 2010, Conference proceedings, p.50.
4. Sergey Logvinov «Development of the "5.4 subgroup" of Standard for solving inventive problems» International Journal of Systematic Innovation (IJoSI), article in press.
5. С.А.Логвинов, Н.Б.Фейгенсон, «О возможности совместного использования линии увеличения пустотности и фазовых переходов». <http://metodolog.ru/node/594>