

Международная Ассоциация ТРИЗ

Диссертационный Совет МА ТРИЗ

На правах рукописи

ЛОГВИНОВ

Сергей Анатольевич

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

**Диссертация
на соискание звания Мастер ТРИЗ**

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

Санкт-Петербург

2010

1. Введение.

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, включающий в себя описание стандартов и развернутые примеры их применения (фактически – это CaseStudies). Этот документ предназначен для первоначального изучения новых стандартов.

2. 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 переходах 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. Гориным¹ в 1973 году [1]. Затем эта база эффектов была дополнена указателями химических, геометрических и биологических эффектов. Применение указателей эффектов имеет ряд методических особенностей. Во вступлении к первому Указателю Ю.Горин подчеркивает: «Провести чёткую грань между физическими явлениями и физическими эффектами практически невозможно.... Очень часто физические эффекты являются следствием нескольких, одновременно действующих процессов, явлений... Явления и эффекты описываются в «Указателе» конспективно и, как правило, на основе чисто феноменологических представлений... Можно рассматривать «Указатель» как своего рода сборник готовых решений, но без задач... Первый выпуск разбит по разделам, каждый из которых относится к определенной области физики.» Таким образом, 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. По определению: «Стандарт на решение изобретательских задач - это правило (или совокупность правил), позволяющее на высоком уровне однозначно решать достаточно широкий класс изобретательских задач» [2].

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. Для сравнения - описание первого стандарта занимало 10 страниц текста и включало в себя 15 примеров. Минимальные требования к стандарту Г.С.Альтшуллер сформулировал так: «Описание каждого стандарта - это 10-15 страниц текста: формула стандарта, подробные обоснования и пояснения, примеры, частные случаи и примеры к частным случаям, задачи...» [1].

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.

¹ В ссылке на работу Юрия Васильевича Горина и в дальнейших ссылках на работы коллег указываются только имя и фамилия, что соответствует сложившейся практике и никоим образом не умаляет большого к ним уважения. Исключение (тоже традиционно) делается в ссылках на работы Г.С.Альтшуллера.

В этих решениях есть, конечно, определенный запас прогностической прочности. Но все-таки периодическое обновление стандартов абсолютно необходимо» [2]. 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.

3. Цели 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.

4. Обзор известных подходов по данной проблеме.

Общая идея стандартов на решение изобретательских задач и первые пять стандартов были представлены Г.С.Альтшуллером в 1975 году [2]. Последняя версия, включающая в себя 76 стандартов, была завершена в 1985. Наиболее полно история развития системы стандартов описана в работах В.Петрова [3] и Ю.Бельского [4]. Стандарты, посвященные использованию фазовых переходов, появились в виде отдельного подкласса в 1983 году (Система 60 стандартов, Подкласс 3.3. - Фазовые переходы - 5 стандартов - 3.3.1 Фазовый переход 1: замена фаз. 3.3.2 Фазовый переход 2: двойственное фазовое состояние, 3.3.3 Фазовый переход 3: использование сопутствующих явлений, 3.3.4 Фазовый переход 4: переход к двухфазному состоянию, 3.3.5 Взаимодействие фаз). В этой же версии

появились в современном виде два стандарта, использующие фазовые переходы (3.5.1. Самоуправляемые переходы, 3.5.2. Усиление поля на выходе). В практически неизменном виде они вошли в последнюю версию системы стандартов как подклассы 5.3 и 5.4.

С момента появления последней редакции системы стандартов, неоднократно высказывались предложения о ее изменении и совершенствовании. Можно выделить следующие направления совершенствования стандартов:

- Расширение системы стандартов с увеличением количества и проработанности стандартов. Наиболее интересной и проработанной является работа В.Петрова «Расширенная система стандартов» [5], в которой общее количество стандартов увеличено до 512. Однако, часть, посвященная применению фазовых переходов, аналогична Системе 76 стандартов.
- Уменьшение общего количества стандартов для ускорения и облегчения обучения. В этом направлении следует отметить работу Ю.Бельского, свернувшего первые три группы стандартов в пять типовых решений. К сожалению, фазовые переходы не вошли в этот вариант системы стандартов. Близкая по идеологии работа была проделана С.Яковенко, который переформулировал оригинальные 76 Стандартов в 28.
- Повышение инструментальности стандартов за счет сужения области их применения - концепция микростандартов, предложенная Л.Певзнером. К сожалению, это направление не получило развития и на настоящий момент сформулировано всего 4 микростандарта.
- Разработка способов входа в систему стандартов из других видов анализа. Здесь следует отметить работу З. Ройзена (1999) по объединению Функционального и Вепольного Анализа и работы А.Пиняева по развитию системы Функциональных Подсказок (2007-2010).

5. Развернутая постановка проблемы

Для повышения инструментальности перечисленных стандартов была предпринята попытка их описания в формате, представленном Г.С.Альтшуллером в работе [1]: «Описание изобретательского стандарта должно содержать краткую формулу (суть стандарта), пояснения и примеры. В описание каждого стандарта должно быть включено описание механизма его действия - с позиций общей теории развития технических систем, вепольного анализа и АРИЗа». С учетом сформулированных выше требований, в описание стандартов включено описание их особенностей с точки зрения ЗРТС.

6. Методы решения поставленной проблемы и особенности их применения.

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 приема (на уровне принципа действия) дает основание для его рассмотрения как кандидата на включение в стандарт.

Эта достаточно спорная мысль может быть подтверждена следующим примером. Все имеющиеся на рынке устройства струйной печати имеют всего два основных принципа действия. Один из этих принципов действия (пьезоэлектрический) «накрыт» небольшим количеством патентов, принадлежащих корпорации Epson. Второй принцип действия - термоструйная (пузырьковая) печать. Он использован в большом количестве патентов остальных производителей (Hewlett Packard, Canon, Lexmark, Xerox, Olivetti). Если использовать формальную статистику патентов, то первый принцип действия, дающий наилучшее качество печати и занимающий около половины рынка струйных принтеров для фотопечати, вообще не войдет в стандарт.

Общий объем просмотренных источников составил около 2000 единиц. Примерно 400 было подробно проанализировано, 190 вошли в список цитируемой литературы (Часть 3 настоящей работы). Поиск технической информации проводился в основном по публикациям в сети Интернет с использованием стандартных поисковых инструментов (Yandex для русскоязычных источников, Google - для англоязычных). Поиск научной информации проводился через систему ScienceDirect. 60% проанализированных источников - это публикации 2000-2010 гг.

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. В дальнейшем возможно увеличение количества подстандартов, включенных в стандарт. 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).

Третья существенная особенность – попытка максимального использования существующих методических инструментов для синтеза алгоритма перехода от

проблем, выявленных функциональным анализом к Стандартам, использующим фазовые переходы

7. Результаты проведенного исследования. Анализ стандартов и предложения по их совершенствованию.

Предварительные замечания. Для обсуждения стандартов, использующих фазовые переходы, следует уточнить понятие «фаза». Неоднократно отмечалось, что в инструментах и методиках ТРИЗ часто встречается нетрадиционное употребление научных терминов. Один из типичных примеров - употребление понятия «поля» в контексте «запаховых полей» и т.д. С точки зрения автора это крайне негативная практика, затрудняющая общение с «классическими» техническими специалистами. Кроме того, неоднократно возникали сложности при общении с коллегами и заказчиками, не говорящими по-русски. Поэтому в настоящей работе понятия «фаза» и «фазовый переход» употребляется, по возможности, в строгом термодинамическом смысле (все отклонений от этого правила отмечены).

Вполне корректные определения понятия «фаза» даются в русскоязычной Википедии: «Термодинамическая фаза - термодинамически однородная по составу и свойствам часть термодинамической системы, отделенная от других фаз поверхностями раздела, на которых скачком изменяются некоторые свойства системы²». Другое определение: «Фаза - гомогенная часть гетерогенной системы. В однокомпонентной системе разные фазы могут быть представлены различными агрегатными состояниями или разными полиморфными модификациями вещества. В многокомпонентной системе фазы могут иметь различный состав и структуру». Более глубокий анализ понятия «фаза» и особенностей его применения в физике и химии приведен в [6].

Вместе с тем, выигрывая в четкости определений, мы вынужденно теряем часть эвристического потенциала, который существует у неклассического употребления понятия «фаза». В настоящий момент анализируется возможность одновременного использования двух понятий - более строгого «фаза» и более эвристичного «неоднородность». В этом случае стандарт предусматривает последовательные попытки введения в совершенствуемую систему сначала новой фазы, а затем, при отсутствии удовлетворительных решений, некой обобщенной неоднородности. При таком подходе удастся включить в единый инструмент приемы, использующие повышение пустотности (пустота внутри материала является типичной неоднородностью) и ряд других. Однако эта работа пока не завершена, поэтому ее результаты не включены в диссертацию.

7.1 Совершенствование Стандарта 5.3.1

Исходная формулировка стандарта:

Стандарт 5.3.1. Замена фазового состояния вещества

Эффективность применения вещества - без введения других веществ может быть повышена фазовым переходом 1, то есть заменой фазового состояния имеющегося вещества.

Авторское свидетельство № 252262.

²Из этого определения следует важный практический вывод. Газ всегда состоит из одной фазы. Жидкость может состоять из нескольких жидких фаз разного состава (ликвация, жидкостная несмешиваемость), но двух разных жидкостей одного состава в равновесии сосуществовать не может. Вещество в твердом состоянии может состоять из нескольких фаз, причем некоторые из них могут иметь одинаковый состав, но различную структуру (полиморфные модификации, аллотропия)

Энергоснабжение пневмосистем в шахтах - на основе сжиженного (а не сжатого) газа.

Рассмотрим недостатки существующего стандарта:

1. Понятие «эффективность применения» определено на интуитивном уровне. В общем случае, понятие «эффективность применения вещества» в технике определяется как отношение:

(параметр, описывающий полезную функцию, выполняемую веществом)
(единица, которой измеряется количество вещества)

либо как отношение

(параметр, описывающий полезную функцию, выполняемую веществом)
(стоимость единицы вещества)

Тогда стандарт понимается как рекомендация изменить фазовое состояние вещества для разрешения противоречий вида «для хорошего выполнения главной функции следует иметь много вещества, однако, мы не можем иметь много вещества в силу таких-то ограничений». При этом речь идет о веществе, уже имеющемся в системе. Однако, такая трактовка стандарта делает его практически неотличимым от приема разрешения противоречий №35 (изменение физико-химических параметров объекта, изменение агрегатного состояния объекта). Более того, данный стандарт описан гораздо хуже, чем упомянутый прием.

2. Понятие «Фазовый переход 1» не является общепринятым научным термином и вводит в заблуждение.

3. Действие стандарта сужается требованием использовать уже существующее в системе вещество в ином фазовом состоянии. Приведенное в примере (АС252262) техническое решение не применяется в промышленности. Информационный поиск не выявил других технических систем, реализующих стандарт в существующей редакции.

Предлагается иной подход. В общем случае элемент ТС, выполняющий конкретную функцию, может иметь произвольное фазовое состояние. Один из путей совершенствования ТС - изменение фазового состояния элемента. При этом использование уже имеющегося в системе вещества является желательным, но не обязательным. При таком подходе изменение фазового состояния элемента ТС будет отражать действие тренда повышения согласованности. Таким образом, предлагается следующая редакция стандарта:

Стандарт 5.3.1. Замена фазового состояния вещества

Идеальность ТС может быть повышена изменением фазового состояния элемента ТС. Стандарт является способом реализации тренда повышения свернутости и тренда повышения согласованности.

Для развития стандарта были проанализированы решения технической проблем, в которых применялась замена фазового состояния одного из элементов системы. Этот анализ позволил выделить четыре часто встречающихся подстандарта и типовые ситуации их применения.

Подстандарт 5.3.1.1

Замена фазового состояния рабочего органа

Подстандарт 5.3.1.2

Замена фазового состояния трансмиссии

Подстандарт 5.3.1.3

Замена фазового состояния источника энергии

Подстандарт 5.3.1.4

Изменение фазового состояния изделия

Полный текст новой редакции стандарта приведен в третьей части работы.

7.2 Совершенствование Стандартов 5.3.2, 5.3.4, 5.3.5

Исходная формулировка стандартов:

Стандарт 5.3.2. "Двойственное" фазовое состояние вещества

"Двойственные" свойства могут быть обеспечены фазовым переходом 2, то есть использованием веществ, способных переходить из одного фазового состояния в другое в зависимости от условий работы.

Авторское свидетельство № 958837.

Теплообменник снабжен прижатыми к нему "лепестками" из никелида титана. При повышении температуры "лепестки" отгибаются, увеличивая площадь охлаждения.

Авторское свидетельство № 166202.

Применение в качестве рабочих тел в газотурбинных установках замкнутого цикла газовых систем (например, N_2O_4 , Al_2C_2 , $CH_4 + CO$ и другие), в которых в результате обратимых химических реакций, сопровождающихся тепловым эффектом, газовая постоянная увеличивается перед турбиной и уменьшается перед компрессором до первоначальной величины. (Газовые смеси обладают свойством обратимой диссоциации-рекомбинации с выделением и поглощением тепла.)

Авторское свидетельство № 1003163.

Конденсатор переменной емкости, содержащий две обкладки с расположенными между ними диэлектриком и узлом регулирования температуры диэлектрика, отличается тем, что с целью увеличения диапазона изменения емкости диэлектрик состоит из двух слоев, один из которых выполнен из материала с диэлектрической проницаемостью, не зависящей от температуры, а другой - из материала с фазовым переходом металл-диэлектрик.

Стандарт 5.3.4. Переход к двухфазному состоянию вещества

Исходная формулировка стандарта:

"Двойственные" свойства системы могут быть обеспечены фазовым переходом 4 - замена однофазового состояния двухфазным.

Патент США № 3589468.

Для глушения шума, а также для улавливания испарений, запахов и стружек при резании зону резания покрывают пеной. Пена проницаема для инструмента, но не проницаема для шума, испарений и т. д.

Авторское свидетельство № 722740.

Способ полирования изделий. Рабочая среда состоит из жидкости (расплав свинца) и ферромагнитных абразивных частиц.

Авторское свидетельство № 936962.

Способ промывки фильтров с зернистой загрузкой, включающий взрыхление загрузки и последующее вымывание загрязнений восходящим потоком промывной воды, отличается тем, что с целью повышения КПД и уменьшения травматизации рыбы активную среду перед подачей ее из сопла насыщают газом.

Стандарт 5.3.5. Использование взаимодействия между частями (фазами) системы

Эффективность технических систем, полученных в результате фазового перехода 4, может быть повышена введением взаимодействия (физического, химического) между частями (или фазами) систем.

Авторское свидетельство № 224743.

Двухфазное рабочее тело для компрессоров и теплосиловых установок, состоящее из газа и мелких частиц твердого тела, отличающееся тем, что с целью дополнительного сжатия газа в холодильнике и компрессоре и дополнительного расширения в нагревателе в качестве твердой фазы использованы сорбенты с общей или избирательной поглотительной способностью.

Авторское свидетельство № 282342.

Применение в качестве рабочего тела для контуров бинарного цикла энергетической установки химически реагирующих веществ, диссоциирующих при нагревании с поглощением тепла и уменьшением молекулярного веса и рекомбинирующих при охлаждении к исходному состоянию.

Рассмотрим недостатки существующих стандартов:

1. Стандарт 5.3.2 фактически включает в себя три вида технических решений:

- Переход от однофазного элемента ТС к двухфазному (диэлектрик в конденсаторе заменяется на две фазы с разными свойствами)
- Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу (теплообменник из сплава с эффектом памяти формы)
- Использование обратимых превращений (газовая смесь, способная к обратимой диссоциации-рекомбинации)

Предлагается первую группу решений объединить со стандартом 5.3.4, вторую группу – со стандартом 5.3.3, а третью группу – со стандартом 5.4.1.

2. Стандарт 5.3.4 также предлагает решать техническую проблему путем перехода от однофазного состояния элемента ТС к двухфазному. В этом случае для создания второй фазы допускается введение нового вещества. И, наконец, Стандарт 5.3.5 предлагает рассмотреть возможность дальнейшего улучшения работы работы ТС за счет взаимодействия между фазами. Таким образом, три рассмотренных стандарта предлагают «непрерывный ряд» действий по совершенствованию системы путем перехода к двухфазному элементу ТС. При совершенствовании ТС следует попытаться использовать все три стандарта, поэтому предлагается объединить эти стандарты в один трехшаговый стандарт.

3. Понятие «двойственные свойства системы» определено на сугубо интуитивном уровне. Целесообразно рассматривать это свойство с точки зрения функциональности элемента технической системы. Относительно Оперативной Зоны и Оперативного Времени это понятие можно трактовать следующим образом:

-В разные моменты времени (в разных условиях) система имеет разные свойства. В этом случае элемент технической системы в разные моменты времени выполняет разные функции. Это означает, что при углублении уровня функционального моделирования такого элемента его главная функция разделяется на несколько независимых функций, каждая из которых будет выполняться отдельной фазой. Например, конструкционный элемент из железобетона выполняет функцию «Удерживать». Однако в отдельной его точке не может одновременно действовать сжимающая и растягивающая нагрузка. В этом случае на растяжение работает одна фаза (стальная арматура), а на сжатие - другая (бетон)

-В один момент времени в разных участках пространства система имеет разные свойства. В этом случае элемент технической системы в разных точках пространства выполняет разные функции. Соответственно, эти функции выполняются разными фазами. Например, для склерозирования вен применяется микропена. В этом случае одна фаза (пузырьки воздуха) обеспечивают расширение пены и эффективное выдавливание крови из вены. А вторая фаза (полимеризующаяся жидкость) обеспечивает собственно склерозирование, т.е. перекрывает вену. Таким образом, переход к двухфазному состоянию вещества позволяет увеличивать функциональность элемента технической системы и разрешать противоречия.

4. Понятия «Фазовый переход 2» и «Фазовый переход 4» не являются общепринятым научными терминами и вводят в заблуждение.

5. Ряд приведенных в примерах технических решений (напр., АС282342, АС722740) не применяется в промышленности.

Предлагается следующая редакция стандарта:

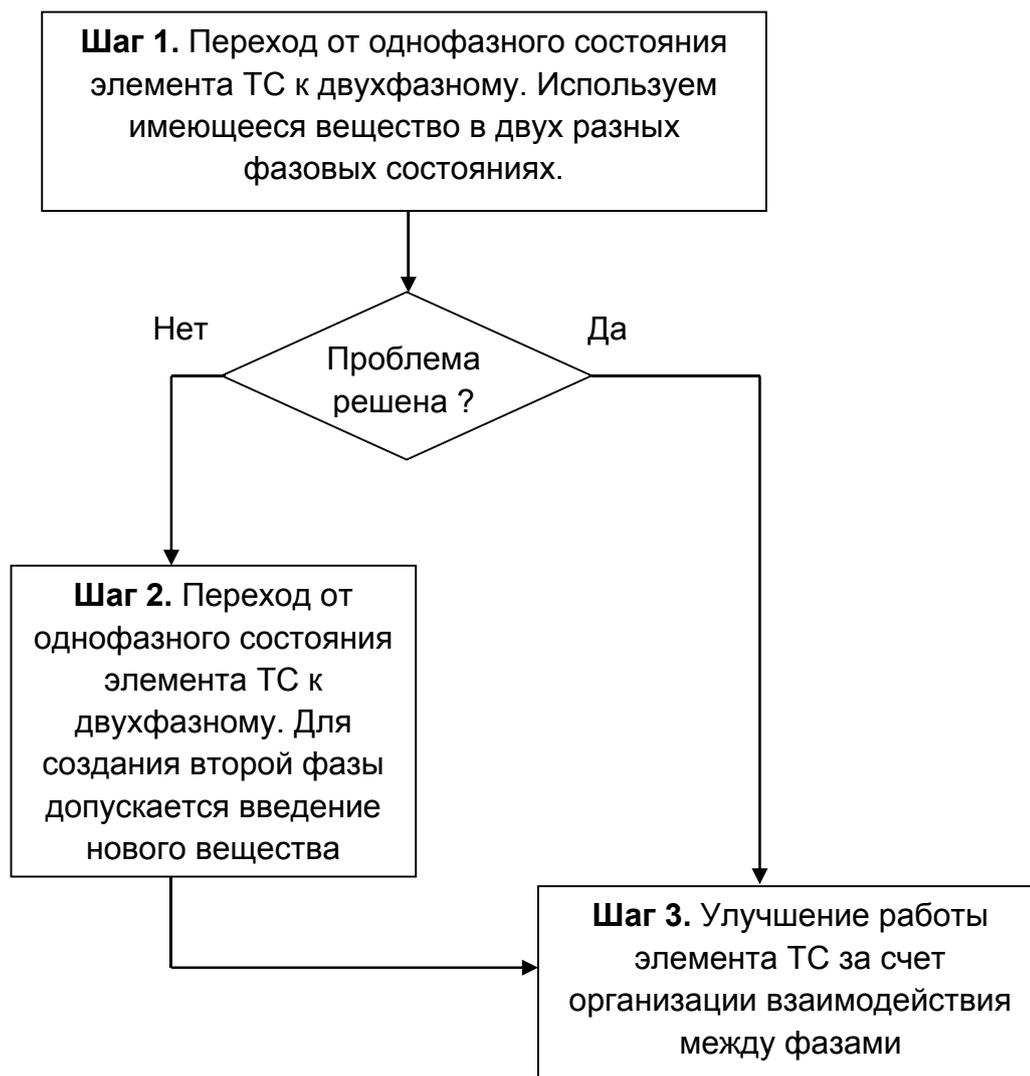
Стандарт 5.3.2 Переход к двухфазному элементу

Идеальность элемента ТС может быть повышена переходом от однофазного элемента к двухфазному. Стандарт является способом реализации тренда повышения свернутости и тренда повышения согласованности. Переход к двухфазному элементу осуществляется в последовательности, описываемой трехшаговым мини-алгоритмом развертывания элемента ТС через увеличение количества фаз.

В ходе выполнения алгоритма рассматривается возможность решения технической проблемы путем перехода от однофазного состояния элемента ТС к двухфазному. При этом:

- На шаге 1 новое вещество в состав элемента не вводится, используется имеющееся вещество в двух разных фазовых состояниях.
- На шаге 2 для создания второй фазы допускается введение нового вещества.
- На шаге 3 рассматривается возможность дальнейшего улучшения работы элемента ТС за счет организации взаимодействия между созданными фазами.

Схема выполнения алгоритма:



Для развития стандарта были проанализированы решения технических проблем, в которых применялся переход к двухфазному состоянию элемента ТС. Этот анализ позволил выделить три часто встречающихся подстандарта.

Подстандарт 5.3.2.1

Введение в элемент ТС второй фазы, при этом выполнение главной функции элемента разделяется между двумя фазами.

Подстандарт 5.3.2.2

Введение в элемент ТС второй фазы, выполняющей дополнительную функцию.

Подстандарт 5.3.2.3

Введение в элемент ТС второй фазы, выполняющей транспортную функцию. Это важный частный случай предыдущего подстандарта. В связи с частым употреблением выделен в отдельный подстандарт.

Полный текст новой редакции стандарта приведен в третьей части работы.

7.3 Совершенствование Стандарта 5.3.3

Исходная формулировка стандарта:

Стандарт 5.3.3. Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу.

Эффективность системы может быть повышена за счет фазового перехода 3, то есть использования явлений, сопутствующих фазовому переходу.

Авторское свидетельство № 601192.

Приспособление для транспортировки мороженных грузов имеет опорные элементы в виде брусков льда.

Рассмотрим недостатки существующего стандарта:

1. Понятие «эффективность системы» определено на интуитивном уровне. В общем случае, понятие «эффективность системы» в технике определяется как отношение

(параметр, описывающий полезную функцию, выполняемую системой)
(единица, которой измеряется количество потребляемого ресурса)

Если под эффективностью системы понимать ее идеальность, стандарт полностью теряет инструментальность, так как повышение идеальности ТС - главная цель любого применения ТРИЗ. Для повышения инструментальности необходимо выявление подстандартов и примеров типичных ситуаций их применения.

2. Формулировка «использование явлений, сопутствующих фазовому переходу» является чрезвычайно общей (в целом стандарт значительно уступает даже Приему №36 «Применение фазовых переходов» и неприменим на практике). Для повышения инструментальности необходимо выявление подстандартов и примеров типичных ситуаций их применения.

3. Понятие «Фазовый переход 3» не является общепринятым научным термином и вводит в заблуждение.

Предлагается следующая редакция стандарта:

Стандарт 5.3.3 Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу.

Идеальность технической системы может быть повышена за счет использования фазовых переходов и явлений, им сопутствующих. При этом идеальность, как правило, повышается за счет существенного роста функциональности при минимальном росте затратности. Важная особенность стандарта - используется ОДНО вещество, находящееся в РАЗНЫХ фазовых состояниях в зависимости от текущего состояния оперативной зоны.

Для развития стандарта были проанализированы решения технических проблем, в которых применялись явления, сопутствующие фазовому переходу. Этот анализ позволил выделить три часто встречающихся подстандарта. Систематизация проводилась по функции, реализуемой элементом ТС, в котором происходил фазовый переход

Подстандарт 5.3.3.1

Использование фазовых переходов для накопления энергии.

Подстандарт 5.3.3.2

Использование фазовых переходов для преобразования энергии.

Подстандарт 5.3.3.2

Использование фазовых переходов для изменения/стабилизации ключевых параметров системы.

Полный текст новой редакции стандарта приведен в третьей части работы.

7.4 Совершенствование Стандарта 5.4.1

Исходная формулировка стандарта:

Стандарт 5.4.1. Использование обратимых физических превращений.

Если объект должен периодически находиться в разных физических состояниях, то переход следует осуществлять самим объектом путем использования обратимых физических превращений, например, фазовых переходов, ионизации-рекомбинации, диссоциации-ассоциации и т.д.

Авторское свидетельство № 177497.

Молниеотвод в виде газовой трубки. Сам включается при возникновении молнии: газ ионизируется, становится проводником. После исчезновения молнии ионы сами рекомбинируют, газ становится электронейтральным, а молниеотвод непроводящим и потому не дающим радиотени.

Авторское свидетельство № 820836.

Автоматическая заслонка, содержащая корпус, клапан и термочувствительный элемент, отличающаяся тем, что с целью повышения надежности работы и упрощения конструкции она имеет установленную на корпусе перемычку, на которой закреплен клапан, состоящий из двух загнутых пластин, выполненных из металла, обладающего "памятью формы".

Рассмотрим недостатки существующего стандарта:

1. Описание стандарта можно считать приемлимым, однако уровень примеров неудовлетворителен.
2. Использование примера с молниеотводом не может быть рекомендовано в силу неработоспособности идеи, на что неоднократно указывали специалисты.

Предлагается следующая редакция стандарта:

Стандарт 5.4.1. Использование обратимых физических превращений

Если элемент ТС должен периодически находиться в разных (иногда - противоречивых) физических состояниях, то переход следует осуществлять путем использования обратимых физических и химических превращений.

Для развития стандарта были проанализированы решения технических проблем, в которых применялись обратимые физические превращения. Удалось подобрать актуальные примеры и выделить два подстандарта.

Подстандарт 5.4.1.1

Использование физических превращений, обратимых относительно параметра.

Подстандарт 5.4.1.2

Использование физических превращений, обратимых относительно функции.

Полный текст новой редакции стандарта приведен в третьей части работы.

Примечание:

Отдельного обсуждения заслуживает понятие обратимости применительно к технологическим процессам. Например, в технологическом процессе изготовления хлебо-булочных изделий операция выпекания является необратимой относительно свойств теста. А операция раскатки теста практически обратима относительно его свойств³. Более того, в реальном технологическом процессе рецикл некоторого количества теста улучшает качество конечного продукта. Аналогично, разметка - это

³ Механизм образования и структурирования каркаса из клейковины не рассматриваем

обратимая операция, а раскройка - нет. Однако данный вопрос выходит за рамки представляемой работы.

7.5 Совершенствование Стандарта 5.4.2

Исходная формулировка стандарта:

Стандарт 5.4.2. Усиление поля на выходе Если необходимо получить сильное действие на выходе при слабом действии на входе, необходимо привести вещество-преобразователь в состояние, близкое к критическому. Энергия запасается в веществе, а входной сигнал играет роль "спускового крючка".

Авторское свидетельство № 969327. Способ усиления упругих волн, включающий ввод в твердое тело упругой волны и наложение поля внешнего источника энергии, отличающийся тем, что с целью расширения функциональных возможностей путем усиления ударных волн перед вводом упругой волны в твердое тело его деформируют до температуры, которая меньше температуры фазового перехода второго рода на величину скачка температуры при прохождении упругой волны по нему.

Авторское свидетельство № 416586. Способ испытания изделий на герметичность, заключающийся в том, что изделие погружают в обезгаженную жидкость, создают перепад давления в полости изделия и над жидкостью, обеспечивая более высокое давление в полости, и по пузырькам в жидкости обнаруживают места нарушения герметичности. Отличается тем, что с целью повышения чувствительности испытания жидкость при испытании поддерживают в состоянии перегрева.

Это сильный стандарт, применение которого может давать решения высокого уровня. Единственный (но заметный) недостаток - низкая инструментальность (не описан механизм применения стандарта) и малое количество примеров.

Для развития стандарта были проанализированы решения технических проблем, в которых проблема решалась «использованием вещества-преобразователя в состоянии, близком к критическому». Этот анализ позволил выделить три часто встречающихся подстандарта.

Предлагается следующая редакция стандарта и подстандартов:

Стандарт 5.4.2. Усиление поля на выходе.

Если ТС должна обеспечить сильное действие на выходе при слабом действии на входе, необходимо привести один из элементов ТС (вещество-преобразователь) в состояние, близкое к критическому. Под критическим состоянием здесь понимается состояние вблизи точки фазового перехода, возбужденное (т.е. насыщенное энергией) состояние, состояние вблизи предела прочности материала (механической, электрической и т.д.). В этом случае основная часть необходимой энергии запасается в веществе, а входной сигнал играет роль "спускового крючка". Стандарт является механизмом реализации тренда перехода на микроуровень, так как в этом случае основные свойства технической системы определяются ее поведением на атомно-молекулярном уровне.

Стандарт имеет три подстандарта.

Подстандарт 5.4.2.1 Использование вещества «до точки перехода».

Подстандарт 5.4.2.2 Использование вещества «за точкой перехода».

Подстандарт 5.4.2.3 Использование вещества, в котором предварительно запасена энергия.

Полный текст новой редакции стандарта приведен в третьей части работы.

7.6 Вход в стандарты из функционального анализа

Одной из задач работы является синтез алгоритма перехода от проблем, выявленных функциональным анализом к Стандартам, использующим фазовые

переходы. Для повышения инструментальности и практической применимости алгоритма желательно максимально использовать существующие аналитические инструменты.

В качестве основы для алгоритма был выбран предложенный А. Пиняевым «Метод Функциональных подсказок» [7]. Метод включает в себя мощный, но компактный алгоритм выявления так называемых Условий Применения (Application Condition⁴). Условия Применения – это типовая проблема ТС, сформулированная на функциональном языке. Вторая часть метода – переход от Условий Применения к так называемым Функциональным Подсказкам (Functional Clue) с помощью специальных списков или таблиц. В отличие от первой части метода, вторая проработана менее детально (автор ограничивается примерами, не представляя полного перечня). Это не мешает эффективному применению первой части Метода Функциональных подсказок для входа в предложенные стандарты. Для этого следует использовать приведенную ниже таблицу с формулировками Функциональных Подсказок, которые сформулированы для следующих типовых Условий Применения:

U1: How to perform the function? – Как элемент ТС может выполнять функцию?

U2: How to improve the function? – Как улучшить выполнение функции элементом ТС?

U3: The same action is both insufficient and excessive. – Элемент выполняет две функции – одну на избыточном уровне, другую – на недостаточном.

U4 and U5: Subject can be optimized for one function or another but not both of them together. – Элемент может быть оптимизирован для выполнения одной из двух выполняемых функций.

U6: Excessive action. – Избыточный уровень выполнения функции элементом ТС.

U7: Insufficient action caused by variations of Subject, Object or Action. – Недостаточный уровень выполнения функции, вызванный изменением свойств объекта или носителя функции.

H1: Harmful action. – Элемент ТС выполняет вредную функцию.

H2 and H3: Subject performs both useful and harmful actions. – Элемент ТС одновременно выполняет полезную и вредную функции.

H4: Concurring useful and harmful actions. – Элемент ТС выполняет полезную функцию, направленную на объект. Объект выполняет вредную функцию, направленную на элемент ТС.

H5 and H6: Interfering object. - Взаимодействие объектов функции.

H7: Interfering subjects. - Взаимодействие носителей функции.

Использование Условий Применения (УП) для выбора стандартов подгрупп 5.3 и 5.4 (список Функциональных Подсказок)

УП	Дополнительное ограничение	Функциональная Подсказка
U1	Если отсутствует рабочий орган для выполнения функции	Совместно использовать 5.3.2.2 и 5.3.3.3 Рассмотреть возможность введения в элемент второй фазы, которая будет выполнять необходимую функцию (изменять ключевые параметры системы). Например, введение в состав гипсокартонных листов материала, поглощающего и отдающего тепло при фазовом переходе в районе 25С, позволяет существенно сгладить колебания температуры в быстровозводимых зданиях.
	Если отсутствует источник энергии для	5.3.3.2 Рассмотреть возможность преобразования имеющейся в системе или надсистеме энергии посредством фазового перехода.

⁴ Работа А. Пиняева выполнена на английском языке. Часть использованных терминов (в частности, формулировки Условий Применения) не имеют авторского перевода на русский язык. Поэтому далее в тексте дается два определения терминов и формулировок. Английские определения взяты из работы Алексея Пиняева.

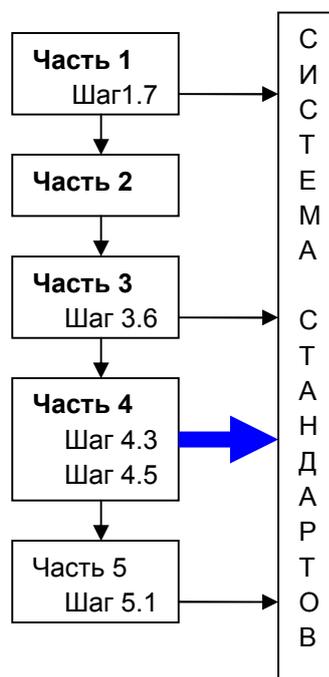
УП	Дополнительное ограничение	Функциональная Подсказка
	выполнения функции	Например, в аэрозольном баллоне испаряющийся репеллент преобразует тепловую энергию окружающей среды в механическую энергию, обеспечивающую распыление содержимого баллона. 5.4.2.3 Рассмотреть возможность использования вещества, в котором предварительно запасена энергия. Например, грелка, использующая тепло, выделяющееся при кристаллизации переохлажденного раствора
	Если необходимо выполнять транспортную или удерживающую функцию	5.3.2.3 — Ввести в элемент вторую фазу для выполнения транспортной или удерживающей функции. Например, все технические системы, содержащие капиллярно-пористый материал с функциональной жидкостью (красящая лента в пишущих машинках и матричных принтерах и т.д.).
U2	Если уровень выполнения функции недостаточен по «энергетическому параметру»	5.4.2.1 — Использование вещества «до точки перехода». Например, разрезание предварительно напряженной заготовки. 5.4.2.2. — Использование вещества «за точкой перехода». Например, камера Вильсона для наблюдения движения заряженных элементарных частиц.
	Если требование к уровню выполнения функции изменяется во времени или в пространстве	5.3.21 Ввести в элемент вторую фазу, выполнение функции разделить между фазами во времени или в пространстве. Например, смазочные материалы с графитом и дисульфидом молибдена
	Если уровень выполнения функции избыточен/недостаточен по «энергетическому параметру»	5.3.3.3 Использование фазовых переходов для изменения/стабилизации ключевых параметров системы. Например, термостатирование тающим льдом.
U4, U5	---	5.3.2.1 Ввести в элемент вторую фазу, выполнение функций разделить между фазами. Каждая фаза оптимизируется для выполнения своей функции. Например, в фотохромных линзах аморфная часть (собственно стекло) фокусирует световые лучи. Кристаллическая фаза галогенидов серебра обеспечивает адаптивное поглощение света.
U6	Если уровень выполнения функции избыточен по «энергетическому параметру»	5.3.3.3 Использование фазовых переходов для изменения/стабилизации ключевых параметров системы. Один из элементов должен поглощать избыточную энергию за счет фазового перехода и отдавать ее в моменты, когда функция не выполняется или выполняется на недостаточном уровне. Например, тепловой аккумулятор в теплообменнике кондиционера существенно улучшает комфорт в помещении при работе кондиционера на неполной мощности.
H1	---	5.3.2.1 Введение в элемент ТС второй фазы, препятствующей выполнению вредной функции. Например, защитные автомобильные покрытия, содержащие металлический цинк.
H2, H3	---	5.3.2.2. Рассмотреть возможность введения в Subject второй фазы, способной предотвращать нежелательное взаимодействие или «поглощать» нежелательную функцию. Например, при перевозке пиццы она испаряет много влаги. Можно организовать процесс конденсации так, чтобы возвращать обратно в коробку максимальное количество тепла, выделяющегося при конденсации. Однако в этом случае конденсат будет оказывать на пиццу вредное действие. Для его устранения в конструкцию коробки вводится капиллярно-пористый элемент, который удерживает конденсат.
H4, H5, H6, H7	---	5.3.1. Рассмотреть возможность изменения (или обратимого изменения) фазового состояния одного из взаимодействующих элементов в зоне предполагаемого нежелательного взаимодействия. Например, самозакаливающаяся инструментальная сталь.
		5.3.2.2. Рассмотреть возможность введения в один из

УП	Дополнительное ограничение	Функциональная Подсказка
		взаимодействующих элементов второй фазы, способной предотвращать нежелательное взаимодействие или «поглощать» нежелательную функцию. Например, пассивация нержавеющей стали за счет образования на поверхности слоев окислов хрома
		Совместно использовать 5.3.3.1 и 5.3.3.2 Рассмотреть возможность использования фазового перехода для поглощения или преобразования энергии нежелательного (вредного) взаимодействия. Например, сопло реактивного двигателя выполняет функцию «направлять [поток газа]». Поток газа выполняет вредную функцию «перегреть [сопло]». Сопло может быть выполнено двухфазным — состоящим из пористой основы, наполненной сублимирующим веществом. В этом случае одна фаза (пористая основа) продолжает выполнять основную функцию элемента, а вторая фаза (сублимирующий наполнитель) «поглощает» вредную функцию «перегреть»

7.7 Вход в стандарты из АРИЗ

В тексте АРИЗ имеется три точки входа для использования стандартов (Шаг 1.7, Шаг 3.6, Шаг 5.1). При использовании предложенных стандартов возможно появление еще двух дополнительных точек входа – Шаг 4.3 и Шаг 4.5.

В тексте АРИЗ-85В указывается: «Шаг 4.3. состоит (в простейшем случае) в переходе от двух моновеществ к неоднородному бивеществу». Для этого можно использовать стандарт 5.3.2. Шаг 4.5 предусматривает использование веществ, производных от ресурсных. В этом случае также применим Стандарт 5.3.2 (первый шаг трехшагового мини-алгоритма).



7.8 Шаблон описания примеров

В ходе выполнения работы был разработан и опробован шаблон описания примеров применения ФЭ и ФП. Была предпринята попытка выбора такой формы описания, которая позволяла бы производить последующую статистическую обработку для выявления:

- Типичных функциональных проблем и новых пар «Условия Применения – Функциональная подсказка»
- Дополнительных связей между Системой Стандартов и АРИЗ

- Дополнительных связей между Системой стандартов и ЗРТС

Шаблон выглядит следующим образом:

- Стандарт/подстандарт
- Решаемая техническая проблема
- Формулировка решаемой проблемы на функциональном уровне
- Решение проблемы
- Тренд ЗРТС, использованный в решении
- Оптимальная точка входа при использовании АРИЗ

Далее приведены три примера описания ФП в этом шаблоне:

Пример 1.

Стандарт/подстандарт

5.3.1.2

Решаемая техническая проблема

При разработке манипулятора управляемого подводного аппарата необходимо выбрать тип трансмиссии, обеспечивающий максимальную надежность

Формулировка решаемой проблемы на функциональном уровне

В качестве системы-прототипа выбрана гидравлическая трансмиссия. В этом случае уровень выполнения функции «перемещать [рабочий орган манипулятора]» адекватен по силовым параметрам, но недостаточен по параметру «надежность». Главная причина низкой надежности – высокая вероятность утечки рабочей жидкости.

Решение проблемы

В гидравлическом приводе манипулятора подводного аппарата «Deep Worker 2000» используется забортная вода под низким давлением в сочетании с большим диаметром поршней. Это позволяет повысить надежность за счет низкой чувствительности к утечкам и неплотностям.

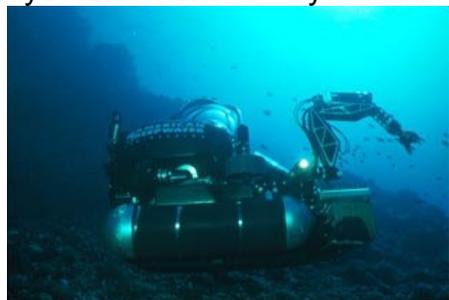


Рис.1.

Тренд ЗРТС, использованный в решении. Особенности его применения.

Использован тренд повышения согласованности. В этом случае решающим в выборе трансмиссии оказалось наличие надсистемного ресурса – забортной воды, т.е. согласование произведено на уровне надсистемы.

Оптимальная точка входа при использовании АРИЗ

Шаг 4.5. При решении задачи использовано вещество, производное от ресурсного (морская вода после фильтрации)

Пример 2.

Стандарт/подстандарт

5.3.1.2

Решаемая техническая проблема

Сложность фокусировки луча в технологической лазерной системе. В системе резки полупроводниковых пластин лазерный луч посредством специальной фокусирующей

системы направляется на подложку. Однако, необходима точная фокусировка луча на подложке. В противном случае качество процесса резки ухудшается

Формулировка решаемой проблемы на функциональном уровне

Для эффективной работы системы необходимо, чтобы среда, в которой распространяется лазерный луч (трансмиссия), выполняла функцию «фокусировать [лазерный луч]».

Решение проблемы

В технологии Laser MicroJet проблема решена путем изменения фазового состояния элемента трансмиссии, передающей лазерный луч. Вместо воздуха лазерный луч передается внутри тонкой струи воды. Для этого лазерный луч через фокусирующую линзу попадает в камеру, в которую подается вода под давлением (300 бар, 1л/мин). Далее лазерный луч выходит из камеры через насадку с отверстием малого диаметра (до 20 мкм) и, находясь в струе воды, попадает на обрабатываемую поверхность.

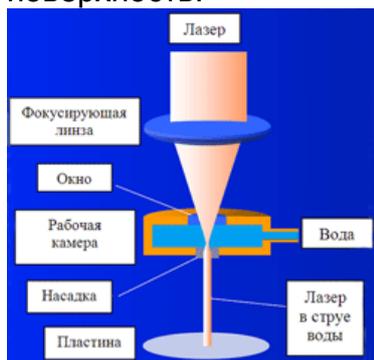


Рис.2.

Лазерный луч, находясь в струе воды, отражается от границы раздела воздух/вода. В результате лазерный луч не рассеивается, длина его распространения может достигать 100 мм без отклонений по углу и диаметру.

Тренд ЗРТС, использованный в решении. Особенности его применения.

Использован тренд повышения согласованности. Согласование (выбор агрегатного состояния трансмиссии) произведено на уровне системы. В этом случае решающим в выборе трансмиссии оказалось наличие у лазерного луча (один элемент системы) способности к полному внутреннему отражению на границе раздела фаз (другой элемент системы).

Оптимальная точка входа при использовании АРИЗ

В исходной системе вода отсутствует. Возможно решение задачи через все входы в полный анализ (Шаг 1.7, Шаг 3.6, Шаг 5.1)

Пример 3

Стандарт/подстандарт

5.3.1.4

Решаемая техническая проблема

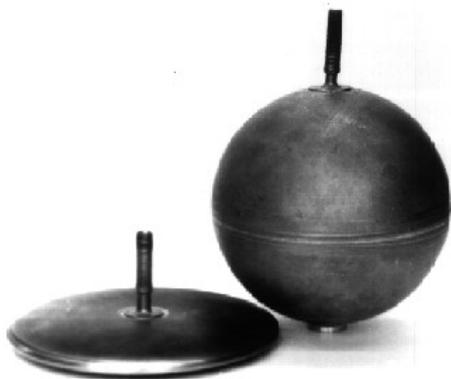
При изготовлении полусферических заготовок шарообразных баллонов высокого давления трудно обеспечить необходимую вытяжку материала без появления дефектов

Формулировка решаемой проблемы на функциональном уровне

При вытяжке механическим инструментом усилие передается на обрабатываемое изделие неравномерно. Функция «распределять давление [по поверхности заготовки]» выполняется на недостаточном уровне по параметру «равномерность». Идеальным инструментом с точки зрения этого параметра являются жидкость и газ (мыльные пузыри имеют практически идеальную сферическую форму). Однако в этом случае необходимо существенно увеличить параметр «пластичность» изделия.

Решение проблемы

Проблема решается использованием обработки металла в режиме сверхпластичности. Технология включает сварку давлением двух листовых заготовок по периметру и их последующую формовку (раздув) газом в условиях сверхпластичности. Эта технология обеспечивает структурную однородность и изотропность механических свойств по всему объему сферического баллона.



Тренд ЗРТС, использованный в решении. Особенности его применения.

Использован тренд повышения согласованности. Согласование (выбор инструмента и фазового состояния изделия) произведено на уровне системы.

Оптимальная точка входа при использовании АРИЗ

Задача решается введением полей (температура и давление), исходно отсутствующих в системе. Возможно решение задачи через понятие X-элемент на Шаге 3.6.

8. Анализ результатов проведенного исследования.

8.1 Обеспечение преемственности текста стандартов.

В ходе работы автор стремился максимально сохранить материал исходных текстов, предложенных Г.С.Альтшуллером. Это удалось сделать для всех текстов стандартов и для значительной части примеров. Результаты работы сведены в таблицу:

Исходный текст	Новый текст
Стандарт 5.3.1	
Текст	Вошел в Стандарт 5.3.1
Пример 1	Вошел в Стандарт 5.3.1
Стандарт 5.3.2	
Текст	Разделен между Стандартами 5.3.2, 5.3.3, 5.4.1
Пример 1	Вошел в Стандарт 5.3.3
Пример 2	Вошел в Стандарт 5.3.2
Пример 3	Вошел в Стандарт 5.3.2
Стандарт 5.3.3	
Текст	Вошел в стандарт 5.3.3
Пример 1	Вошел в стандарт 5.3.3
Стандарт 5.3.4	
Текст	Вошел в стандарт 5.3.2
Пример 1	Вошел в стандарт 5.3.2
Пример 2	Вошел в стандарт 5.3.2
Пример 3	Исключен
Стандарт 5.3.5	
Текст	Вошел в стандарт 5.3.2
Пример 1	Вошел в стандарт 5.3.2
Стандарт 5.4.1	
Текст	Вошел в стандарт 5.4.1
Пример 1	Исключен
Пример 2	Вошел в стандарт 5.4.1
Стандарт 5.4.2	
Текст	Вошел в стандарт 5.4.2
Пример 1	Вошел в стандарт 5.4.2
Пример 2	Вошел в стандарт 5.4.2

8.2 Совместимость с существующей системой стандартов и инструментами, которые их используют.

Предложенные стандарты полностью совместимы с существующей системой стандартов и инструментами, которые их используют.

8.3 Возможность развития

Предложенные стандарты имеют возможность дальнейшего развития путем:

- Увеличения количества стандартов
- Увеличения количества подстандартов
- Повышения эвристичности совместным рассмотрением понятия «фазовый переход» и понятия «неоднородность»
- Дополнением списка Функциональных Подсказок

9. Практика применения.

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.

10. Личный вклад соискателя.

Работа полностью выполнена соискателем

11. 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.

12. Список работ, опубликованных по теме диссертации.

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 Egojants «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>

Использованная литература

¹ Ю.Горин Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач <http://www.triz-summit.ru/ru/section.php?docId=3672>

² Г.С.Альтшуллер. Стандарты на решение изобретательских задач, рукопись, 1975 г.

<http://www.altshuller.ru/triz/standards1.asp>

³ В. Петров, История развития системы стандартов. Информационные материалы. Тель-Авив, 2003

<http://www.triz-summit.ru/ru/sectiorl.php7>

⁴ Ю.Бельский "Систематизация Вепольного Анализа и его использование за пределами технических систем"

⁵ В. Петров, Расширенная система стандартов <http://www.metodolog.ru/00462/00462.html>

⁶ В.В.Бражкин Метастабильные фазы, фазовые превращения и фазовые диаграммы в физике и химии, УФН том 176 №7, стр.745-750

⁷ А.Пиняев "Algorithms of Defining an Application Condition of a Functional Clue"

Международная Ассоциация ТРИЗ

Диссертационный Совет МА ТРИЗ

На правах рукописи

ЛОГВИНОВ

Сергей Анатольевич

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

**Диссертация
на соискание звания Мастер ТРИЗ**

Часть 2.1
Текст стандартов

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

Санкт-Петербург

2010

Стандарт 5.3.1. Замена фазового состояния вещества

Идеальность ТС может быть повышена изменением фазового состояния элемента ТС. Стандарт является способом реализации тренда повышения свернутости и тренда повышения согласованности. Стандарт имеет четыре подстандарты:

Подстандарт 5.3.1.1 Замена фазового состояния рабочего органа

Подстандарт состоит в замене фазового состояния рабочего органа ТС с целью повышения согласованности на одном из системных уровней. Обычно подстандарт реализуется на стадии проектирования ТС и дает сильные решения, в том числе с изменением принципа действия системы. Типовые проблемы, решаемые с применением подстандарты:

- В теплотехнических системах - интенсификация процессов теплообмена
- В химико-технологических системах - ускорение процессов и повышение их эффективности
- В системах механической обработки - согласование рабочего органа с изделием
- В транспортных системах - повышение степени свернутости системы

Подстандарт 5.3.1.2 Замена фазового состояния трансмиссии

Подстандарт состоит в замене фазового состояния трансмиссии ТС с целью повышения согласованности на одном из системных уровней. Обычно подстандарт реализуется на стадии проектирования ТС и дает сильные решения, в том числе с изменением принципа действия системы. Выбор уровня согласования определяется следующим образом:

На уровне надсистемы, когда решающими оказываются надсистемные факторы. Например, манипулятор подводного аппарата. Для повышения надежности применена гидравлическая трансмиссия, использующая в качестве рабочей жидкости доступный надсистемный ресурс – забортную морскую воду.

На уровне системы, когда решающими оказываются требования к одному из параметров ТС. Характерен для «чемпионских систем». Например, для обеспечения максимальной рабочей частоты процессоров необходимо эффективное охлаждение. Поэтому для отвода тепла вместо обычных воздушных радиаторов (тепловая энергия передается через неподвижный твердый элемент) применяют жидкостные системы (тепловая энергия передается через подвижный жидкий элемент – т.е. переходим к конвекционному теплопереносу). Еще более эффективное решение – применение тепловой трубы (тепловая энергия передается через подвижный газообразный элемент, участвующий в фазовом переходе).

На уровне подсистемы, когда решающими оказываются особенности одного из элементов ТС или даже одной из подсистем этого элемента. Чаще всего таким элементом является источник энергии. Например, в немецкой крылатой ракете Фау-1 источником энергии системы управления являлся сжатый воздух, хранящийся в специальном баллоне. Соответственно, это определило и тип трансмиссии, и, в значительной степени, систему управления ракеты.

Подстандарт 5.3.1.3 Замена фазового состояния источника энергии

Подстандарт состоит в замене фазового состояния источника энергии ТС с целью повышения согласованности на одном из системных уровней (как правило - с особенностями системы или надсистемы). Обычно подстандарт реализуется на стадии проектирования ТС и дает сильные решения, в том числе с изменением принципа действия системы. Выбор уровня согласования определяется следующим образом:

На уровне надсистемы, когда решающими оказываются надсистемные факторы. Типичный пример – выбор типа двигателя и топлива для технических систем массового применения. Он определяется в основном надсистемными факторами – ценой и доступностью топлива, ограничениями на использование этого топлива, иными требованиями. Надсистемные требования могут выступать в более сложной форме. В России при проектировании отопительных систем нередко в проект закладывают котлы, способные работать на двух видах топлива – основном (газ или твердое топливо) и резервном (мазут). Таким способом повышается надежность отопительной системы в целом к воздействиям надсистемных факторов (возможные перебои с поставкой основного вида топлива – надсистемный фактор).

На уровне технической системы. В этом случае определяющим является принцип действия или иная особенность ТС. Например, для работы двигательных установок дирижабля газообразный метан выглядит очень удобным топливом. По мере расходования обычного жидкого топлива масса дирижабля уменьшается, а объем его практически не изменяется. Возникает дополнительная подъемная сила, которая может быть источником проблем с управлением. По мере расходования метана (он имеет плотность немного меньше плотности воздуха) объем дирижабля изменяется практически пропорционально изменению массы. В этом случае изменение подъемной силы примерно на порядок меньше, компенсация этого изменения является более простой задачей. В этом случае на выбор топлива влияет принцип действия, присущий летательным аппаратам легче воздуха.

На уровне подсистемы. Эта ситуация характерна для «чемпионских систем». Например, выбор типа реактивного двигателя и применяемого топлива для получения максимальных параметров ракеты-носителя.

Типовые технические проблемы, решаемые применением подстандарта:

-Согласование ТС с требованиями надсистемы

-В транспортных системах — повышение степени свернутости системы

Подстандарт 5.3.1.4 Изменение фазового состояния изделия

Подстандарт заключается в переводе изделия в такое фазовое состояние, которое позволяет наиболее эффективно воздействовать на него. Изменение свойств материала производится перед обработкой изделия (временно) или после ее завершения (постоянно). Подстандарт может быть реализован двумя способами:

-Перевод материала изделия в фазу с иными свойствами с сохранением агрегатного состояния. Например, обработка металлов в фазе сверхпластичности.

-Перевод материала изделия в фазу с иными свойствами без сохранения агрегатного состояния. Сюда входят все технологии литья.

Стандарт 5.3.2 Переход к двухфазному элементу

Идеальность элемента ТС может быть повышена переходом от однофазного элемента к двухфазному. Стандарт является способом реализации тренда повышения свернутости и тренда повышения согласованности. Переход к двухфазному элементу осуществляется в последовательности, описываемой трехшаговым мини-алгоритмом развертывания элемента ТС через увеличение количества фаз.

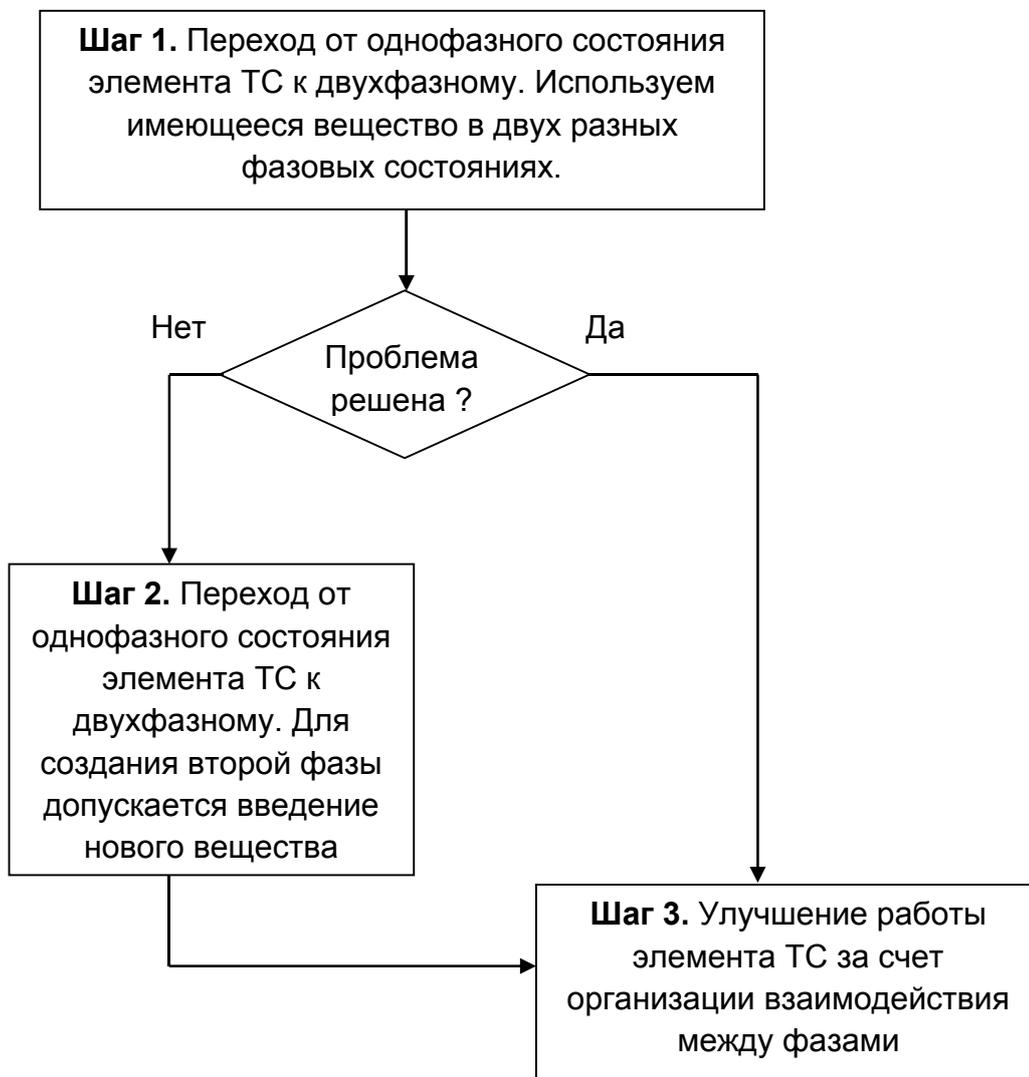
В ходе выполнения алгоритма рассматривается возможность решения технической проблемы путем перехода от однофазного состояния элемента ТС к двухфазному. При этом:

- На шаге 1 новое вещество в состав элемента не вводится, используется

имеющееся вещество в двух разных фазовых состояниях.

- На шаге 2 для создания второй фазы допускается введение нового вещества.
- На шаге 3 рассматривается возможность дальнейшего улучшения работы элемента ТС за счет организации взаимодействия между созданными фазами.

Схема выполнения алгоритма



Стандарт имеет три подстандарта:

Подстандарт 5.3.2.1 Введение в элемент ТС второй фазы, при этом выполнение главной функции элемента разделяется между фазами.

Подстандарт применяется в ситуации, когда элемент неудовлетворительно выполняет главную функцию. Две фазы выполняют главную функцию:

- По очереди, в разные моменты времени (например, в железобетонном элементе при наличии сжимающих нагрузок работает бетон, при наличии растягивающих - стальная арматура)
- Одновременно, в один момент времени в разных точках (подсистемах) элемента ТС (например, косметическое средство - бифазная смывка, которая одновременно хорошо смывает с кожи полярные и неполярные косметические средства)

Соответственно, подстандарт может применяться для разрешения противоречий путем разделения свойств во времени и в пространстве на уровне подсистемы. В

этом состоит его существенное отличие от традиционного способа разрешения противоречий во времени и пространстве.

Подстандарт 5.3.2.2 Введение в элемент ТС второй фазы, выполняющей дополнительную функцию.

Подстандарт применяется в ситуации, когда элемент ТС неудовлетворительно выполняет дополнительную функцию или когда элемент не имеет ресурсов для выполнения дополнительной функции, т.е. подстандарт может применяться для устранения недостатков вида «Элемент ТС имеет недостаточный уровень выполнения дополнительной функции». При этом фазы могут не взаимодействовать друг с другом, а могут «помогать друг другу». Фазы выполняют разные функции:

- Первая фаза выполняет (в основном) главную функцию элемента ТС и, как правило, является носителем второй фазы
- Вторая фаза выполняет (в основном) дополнительную функцию элемента ТС

Например, моторные масла с наноалмазами, которые, помимо обеспечения смазки трущихся поверхностей (основная функция), эффективно восстанавливают их (дополнительная функция).

Подстандарт 5.3.2.3 Введение в элемент ТС второй фазы, выполняющей транспортную или удерживающую функцию.

Это важный частный случай предыдущего подстандarta, в связи с частым использованием выделен в отдельный подстандарт. Подстандарт применяется в ситуации, когда элемент неудовлетворительно выполняет дополнительную транспортную или удерживающую функцию или создает трудности для выполнения транспортных или удерживающих функций другими элементами. В двухфазном элементе ТС одна фаза удобна для реализации транспортной функции и обеспечивает хорошую управляемость элемента в оперативной зоне. Вторая фаза выполняет (полностью или в основном) главную функцию элемента. Например, все капиллярно-пористые носители с функциональной жидкостью (красящая лента в пишущих машинках и матричных принтерах, салфетки с дезинфицирующей жидкостью и т.д.).

Стандарт 5.3.3. Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу

Идеальность технической системы может быть повышена за счет использования фазовых переходов и явлений, им сопутствующих. При этом идеальность, как правило, повышается за счет существенного роста функциональности при минимальном росте затратности. Важная особенность стандарта - используется ОДНО вещество, находящееся в РАЗНЫХ фазовых состояниях в зависимости от текущего состояния оперативной зоны.

Стандарт имеет три подстандarta:

Подстандарт 5.3.3.1 Использование фазовых переходов для накопления энергии.

Подстандарт применяется в ситуации, когда потребность ТС в энергии не совпадает во времени с моментами ее доступности. В этом случае используется способность материала одного из элементов ТС поглощать/отдавать энергию во время фазового перехода (например, резка металла с применением ударной волны разрежения). Если материал элемента ТС не способен к таким фазовым переходам, в элемент вводится вторая фаза, состоящая из материала с необходимыми свойствами (например, отделочные материалы, содержащие термоаккумулирующие добавки).

Подстандарт 5.3.3.2 Использование фазовых переходов для преобразования видов энергии.

Подстандарт применяется в ситуации, когда для функционирования ТС необходима энергия в виде, отличающемся от доступных источников. В этом случае в элемент ТС вводится вторая фаза, преобразующая доступную энергию в необходимый вид. Например, в аэрозольном баллоне испаряющийся репеллент преобразует тепловую энергию окружающей среды в механическую энергию, обеспечивающую распыление содержимого баллона.

Подстандарт 5.3.3.3 Использование фазовых переходов для изменения/стабилизации ключевых параметров системы.

Подстандарт применяется в ситуации, когда для функционирования ТС необходимо изменение/стабилизация одного из параметров элемента ТС. В этом случае элемент ТС выполняется из материала, способного к изменению необходимых параметров в ходе фазового перехода и создаются условия для перевода материала из одного состояния в другое в соответствующие моменты ОВ в соответствующих точках ОЗ. Например, низкотемпературные исследования часто проводят при температуре кипения жидкого азота.

Стандарт 5.4.1 Использование обратимых физических и химических превращений

Если элемент ТС должен периодически находиться в разных (иногда - противоречивых) физических состояниях, то переход следует осуществлять путем использования обратимых физических и химических превращений. Стандарт имеет два подстандarta:

Подстандарт 5.4.1.1 Использование физических и химических превращений, обратимых относительно параметра.

Подстандарт предусматривает использование физических и химических явлений, в ходе которого параметры элемента ТС обратимо изменяются. В этом случае элемент ТС выполняется из материала, способного к необходимому превращению и создаются условия для перевода материала из одного состояния в другое в соответствующие моменты ОВ в соответствующих точках ОЗ. Сюда входят все фазовые переходы; явления, связанные с растворением, сольватированием и диссоциацией; явления ионизации-рекомбинации и т.д..

Подстандарт 5.4.1.2 Использование физических превращений, обратимых относительно функции

Подстандарт предусматривает использование физических и химических явлений, в ходе которых элемент ТС меняет выполняемую функцию на обратную. В этом случае элемент ТС выполняется из материала, способного к необходимому превращению и создаются условия для перевода материала из одного состояния в другое в соответствующие моменты ОВ в соответствующих точках ОЗ. Сюда входят явления сорбции-десорбции; процессы интеркаляции-деинтеркаляции, окислительно-восстановительные процессы и т.д

Следует подчеркнуть, что обратимость относительно функции не сводится к обратимости относительно параметра. Поэтому, несмотря на внешнюю схожесть, подстандарты имеют глубокие отличия.

Стандарт 5.4.2. Усиление поля на выходе

Если ТС должна обеспечить сильное действие на выходе при слабом действии на входе, необходимо привести один из элементов ТС (вещество-преобразователь) в состояние, близкое к критическому. Под критическим состоянием здесь понимается состояние вблизи точки фазового перехода, возбужденное (т.е. насыщенное энергией) состояние, состояние вблизи предела прочности материала (механической, электрической и т.д.). В этом случае основная часть необходимой энергии запасается в веществе, а входной сигнал играет роль "спускового крючка". Стандарт является механизмом реализации тренда перехода на микроуровень, так как в этом случае основные свойства технической системы определяются ее поведением на атомно-молекулярном уровне.

Стандарт имеет три подстандarta:

Подстандарт 5.4.2.1 Использование вещества «до точки перехода».

Подстандарт предусматривает использование элемента, один из параметров которого близок к критической величине. В этом случае малая добавка (входной сигнал) переводит элемент в закритическое¹ состояние и обеспечивает выполнение необходимой функции. Например, диагностика состояния нефтесодержащих пластов методом вынужденной акустической эмиссии.

Подстандарт 5.4.2.2 Использование вещества «за точкой перехода».

Подстандарт предусматривает использование элемента, один из параметров которого находится за критической величиной. Однако система находится в метастабильном состоянии, переход в другое состояние не происходит в силу кинетических ограничений. В этом случае малая добавка (входной сигнал) является «зародышем» для процесса перехода. Например, пузырьковая камера для наблюдения заряженных элементарных частиц.

Подстандарт 5.4.2.3 Использование вещества, в котором предварительно запасена энергия.

Подстандарт предусматривает использование элемента, способного запасать необходимую энергию или преобразовывать энергию доступного источника. Например, в твердотельном лазере энергия запасается при возбуждении материала активного элемента, а высвобождается при генерации импульса света.

¹ Формально считается, что фазовый переход происходит в момент достижения системой некоего критического параметра. Однако все реальные переходы имеют реальную скорость только при наличии некоторой «закритичности».

Международная Ассоциация ТРИЗ

Диссертационный Совет МА ТРИЗ

На правах рукописи

ЛОГВИНОВ

Сергей Анатольевич

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

**Диссертация
на соискание звания Мастер ТРИЗ**

**Часть 2.2
Дополнительные материалы**

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

Санкт-Петербург

2010

Использование Условий Применения для выбора стандартов подгрупп 5.3 и 5.4 (список Функциональных Подсказок)

В качестве основы для алгоритма выбран предложенный А.Пиняевым Метод Функциональных Подсказок². Условия Применения – это типовая проблема ТС, сформулированная на функциональном языке. Условия Применения определяются по методике, описанной в работе [1]. Вторая часть метода – переход от Условий Применения к так называемым Функциональным Подсказкам (Functional Clue) с помощью специальных списков или таблиц. Для применения стандартов, регламентирующих применени фазовых переходов, следует использовать приведенную ниже таблицу с формулировками Функциональных Подсказок. Они сформулированы для следующих типовых Условий Применения³:

U1: How to perform the function? – Как элемент ТС может выполнять функцию?

U2: How to improve the function? – Как улучшить выполнение функции элементом ТС?

U3: The same action is both insufficient and excessive. – Элемент выполняет две функции – одну на избыточном уровне, другую – на недостаточном.

U4 and U5: Subject can be optimized for one function or another but not both of them together. – Элемент может быть оптимизирован для выполнения одной из двух выполняемых функций.

U6: Excessive action. – Избыточный уровень выполнения функции элементом ТС.

U7: Insufficient action caused by variations of Subject, Object or Action. – Недостаточный уровень выполнения функции, вызванный изменением свойств объекта или носителя функции.

H1: Harmful action. – Элемент ТС выполняет вредную функцию.

H2 and H3: Subject performs both useful and harmful actions. – Элемент ТС одновременно выполняет полезную и вредную функции.

H4: Concurring useful and harmful actions. – Элемент ТС выполняет полезную функцию, направленную на объект. Объект выполняет вредную функцию, направленную на элемент ТС.

H5 and H6: Interfering object. - Взаимодействие объектов функции.

H7: Interfering subjects. - Взаимодействие носителей функции.

Использование Условий Применения (УП) для выбора стандартов подгрупп 5.3 и 5.4 (список Функциональных Подсказок)

УП	Дополнительное ограничение	Функциональная Подсказка
U1	Если отсутствует рабочий орган для выполнения функции	Совместно использовать 5.3.2.2 и 5.3.3.3 Рассмотреть возможность введения в элемент второй фазы, которая будет выполнять необходимую функцию (изменять ключевые параметры системы). Например, введение в состав гипсокартонных листов материала, поглощающего и отдающего тепло при фазовом переходе в районе 25С, позволяет существенно сгладить колебания температуры в быстровозводимых зданиях.
	Если отсутствует источник энергии для выполнения функции	5.3.3.2 Рассмотреть возможность преобразования имеющейся в системе или надсистеме энергии посредством фазового перехода. Например, в аэрозольном баллоне испаряющийся реппелент преобразует тепловую энергию окружающей среды в механическую энергию, обеспечивающую распыление

² А.Пиняев “Algorithms of Defining an Application Condition of a Functional Clue”

³ Работа Алексея Пиняева выполнена на английском языке. Часть использованных терминов (в частности, формулировки Условий Применения) не имеют авторского перевода на русский язык. Поэтому далее в тексте дается два определения терминов и формулировок. Английские определения взяты из работы Алексея Пиняева.

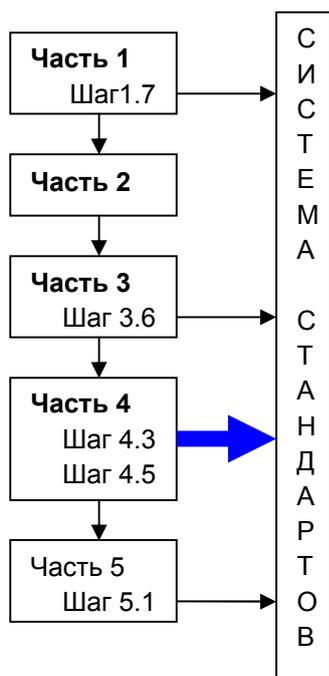
УП	Дополнительное ограничение	Функциональная Подсказка
		<p>содержимого баллона.</p> <p>5.4.2.3 Рассмотреть возможность использования вещества, в котором предварительно запасена энергия. Например, грелка, использующая тепло, выделяющееся при кристаллизации переохлажденного раствора</p>
	Если необходимо выполнять транспортную или удерживающую функцию	5.3.2.3 — Ввести в элемент вторую фазу для выполнения транспортной или удерживающей функции. Например, все технические системы, содержащие капиллярно-пористый материал с функциональной жидкостью (красящая лента в пишущих машинках и матричных принтерах и т.д.).
U2	Если уровень выполнения функции недостаточен по «энергетическому параметру»	<p>5.4.2.1 — Использование вещества «до точки перехода». Например, разрезание предварительно напряженной заготовки.</p> <p>5.4.2.2. — Использование вещества «за точкой перехода». Например, камера Вильсона для наблюдения движения заряженных элементарных частиц.</p>
	Если требование к уровню выполнения функции изменяется во времени или в пространстве	5.3.21 Ввести в элемент вторую фазу, выполнение функции разделить между фазами во времени или в пространстве. Например, смазочные материалы с графитом и дисульфидом молибдена
U3	Если уровень выполнения функции избыточен/недостаточен по «энергетическому параметру»	5.3.3.3 Использование фазовых переходов для изменения/стабилизации ключевых параметров системы. Например, термостатирование тающим льдом.
U4, U5	---	5.3.2.1 Ввести в элемент вторую фазу, выполнение функций разделить между фазами. Каждая фаза оптимизируется для выполнения своей функции. Например, в фотохромных линзах аморфная часть (собственно стекло) фокусирует световые лучи. Кристаллическая фаза галогенидов серебра обеспечивает адаптивное поглощение света.
U6	Если уровень выполнения функции избыточен по «энергетическому параметру»	5.3.3.3 Использование фазовых переходов для изменения/стабилизации ключевых параметров системы. Один из элементов должен поглощать избыточную энергию за счет фазового перехода и отдавать ее в моменты, когда функция не выполняется или выполняется на недостаточном уровне. Например, тепловой аккумулятор в теплообменнике кондиционера существенно улучшает комфорт в помещении при работе кондиционера на неполной мощности.
H1	---	5.3.2.1 Введение в элемент ТС второй фазы, препятствующей выполнению вредной функции. Например, защитные автомобильные покрытия, содержащие металлический цинк.
H2, H3	---	5.3.2.2. Рассмотреть возможность введения в Subject второй фазы, способной предотвращать нежелательное взаимодействие или «поглощать» нежелательную функцию. Например, при перевозке пиццы она испаряет много влаги. Можно организовать процесс конденсации так, чтобы возвращать обратно в коробку максимальное количество тепла, выделяющегося при конденсации. Однако в этом случае конденсат будет оказывать на пиццу вредное действие. Для его устранения в конструкцию коробки вводится капиллярно-пористый элемент, который удерживает конденсат.
H4, H5, H6, H7	---	<p>5.3.1. Рассмотреть возможность изменения (или обратимого изменения) фазового состояния одного из взаимодействующих элементов в зоне предполагаемого нежелательного взаимодействия. Например, самокаливающаяся инструментальная сталь.</p> <p>5.3.2.2. Рассмотреть возможность введения в один из взаимодействующих элементов второй фазы, способной</p>

УП	Дополнительное ограничение	Функциональная Подсказка
		<p>предотвращать нежелательное взаимодействие или «поглощать» нежелательную функцию. Например, пассивация нержавеющей стали за счет образования на поверхности слоев окислов хрома</p> <p>Совместно использовать 5.3.3.1 и 5.3.3.2 Рассмотреть возможность использования фазового перехода для поглощения или преобразования энергии нежелательного (вредного) взаимодействия. Например, сопло реактивного двигателя выполняет функцию «направлять [поток газа]». Поток газа выполняет вредную функцию «перегреть [сопло]». Сопло может быть выполнено двухфазным — состоящим из пористой основы, наполненной сублимирующим веществом. В этом случае одна фаза (пористая основа) продолжает выполнять основную функцию элемента, а вторая фаза (сублимирующий наполнитель) «поглощает» вредную функцию «перегреть»</p>

Вход в стандарты из АРИЗ

В тексте АРИЗ имеется три точки входа для использования стандартов (Шаг 1.7, Шаг 3.6, Шаг 5.1). При использовании предложенных стандартов возможно появление еще двух дополнительных точек входа – Шаг 4.3 и Шаг 4.5.

В тексте АРИЗ-85В указывается: «Шаг 4.3. состоит (в простейшем случае) в переходе от двух моновеществ к неоднородному бивеществу». Для этого можно использовать стандарт 5.3.2. Шаг 4.5 предусматривает использование веществ, производных от ресурсных. В этом случае также применим стандарт 5.3.2 (первый шаг трехшагового мини-алгоритма).



Международная Ассоциация ТРИЗ

Диссертационный Совет МА ТРИЗ

На правах рукописи

ЛОГВИНОВ

Сергей Анатольевич

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

**Диссертация
на соискание звания Мастер ТРИЗ**

**Часть 3. Сокращенный вариант
Case Studies**

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

Санкт-Петербург

2010

Стандарт 5.3.1. Замена фазового состояния вещества

Идеальность ТС может быть повышена изменением фазового состояния элемента ТС. Стандарт является способом реализации тренда повышения свернутости и тренда повышения согласованности. Стандарт имеет четыре подстандарты:

Подстандарт 5.3.1.1 Замена фазового состояния рабочего органа

Подстандарт состоит в замене фазового состояния рабочего органа ТС с целью повышения согласованности на одном из системных уровней. Обычно подстандарт реализуется на стадии проектирования ТС и дает сильные решения, в том числе с изменением принципа действия системы. Типовые технические проблемы, решаемые с применением подстандарты:

- В теплотехнических системах - интенсификация процессов теплообмена
- В химико-технологических системах - ускорение процессов и повышение их эффективности
- В системах механической обработки - согласование рабочего органа с изделием
- В транспортных системах - повышение степени свернутости системы

Подстандарт 5.3.1.2 Замена фазового состояния трансмиссии

Подстандарт состоит в замене фазового состояния трансмиссии ТС с целью повышения согласованности на одном из системных уровней. Подстандарт реализуется на стадии проектирования ТС.

Подстандарт 5.3.1.3 Замена фазового состояния источника энергии

Подстандарт состоит в замене фазового состояния источника энергии ТС с целью повышения согласованности на одном из системных уровней (как правило - с особенностями системы или надсистемы). Обычно подстандарт реализуется на стадии проектирования ТС и дает сильные решения, в том числе с изменением принципа действия системы.

Подстандарт 5.3.1.4 Изменение фазового состояния изделия

Подстандарт заключается в переводе изделия в такое фазовое состояние, которое позволяет наиболее эффективно воздействовать на него. Изменение свойств материала производится перед обработкой изделия или после ее завершения. Подстандарт может быть реализован двумя способами:

- Перевод материала изделия в фазу с иными свойствами с сохранением агрегатного состояния
- Перевод материала изделия в фазу с иными свойствами без сохранения агрегатного состояния.

Стандарт 5.3.2 Переход к двухфазному элементу

Идеальность элемента ТС может быть повышена переходом от однофазного элемента к двухфазному. Стандарт является способом реализации тренда повышения свернутости и тренда повышения согласованности. Переход к

двухфазному элементу осуществляются в последовательности, описываемой трехшаговым мини-алгоритмом развертывания элемента ТС через увеличение количества фаз.

В ходе выполнения алгоритма рассматривается возможность решения технической проблемы путем перехода от однофазного состояния элемента ТС к двухфазному. При этом:

- На шаге 1 новое вещество в состав элемента не вводится, используется имеющееся вещество в двух разных фазовых состояниях.
- На шаге 2 для создания второй фазы допускается введение нового вещества.
- На шаге 3 рассматривается возможность дальнейшего улучшения работы элемента ТС за счет организации взаимодействия между созданными фазами.

Стандарт имеет три подстандarta:

Подстандарт 5.3.2.1 Введение в элемент ТС второй фазы, при этом выполнение главной функции элемента разделяется между фазами

Подстандарт 5.3.2.2 Введение в элемент ТС второй фазы, выполняющей дополнительную функцию.

Подстандарт 5.3.2.3 Введение в элемент ТС второй фазы, выполняющей транспортную или удерживающую функцию (важный частный случай предыдущего подстандarta, в связи с частым использованием выделен в отдельный подстандарт).

Стандарт 5.3.3. Использование явлений, сопутствующих фазовому переходу

Идеальность технической системы может быть повышена за счет использования фазовых переходов и явлений, им сопутствующих. При этом идеальность, как правило, повышается за счет существенного роста функциональности при минимальном росте затратности. Важная особенность стандарта - используется ОДНО вещество, находящееся в РАЗНЫХ фазовых состояниях в зависимости от текущего состояния оперативной зоны.

Стандарт имеет три подстандarta:

Подстандарт 5.3.3.1 Использование фазовых переходов для накопления энергии.

Подстандарт 5.3.3.2 Использование фазовых переходов для преобразования видов энергии.

Подстандарт 5.3.3.3 Использование фазовых переходов для изменения ключевых параметров системы.

Стандарт 5.4.1 Использование обратимых физических и химических превращений

Если элемент ТС должен периодически находиться в разных (иногда - противоречивых) физических состояниях, то переход следует осуществлять путем использования обратимых физических и химических превращений. Стандарт имеет два подстандarta:

Подстандарт 5.4.1.1 Использование физических и химических превращений,

обратимых относительно параметра

Подстандарт 5.4.1.2 Использование физических и химических превращений, обратимых относительно функции

Следует подчеркнуть, что обратимость относительно функции не сводится к обратимости относительно параметра. Поэтому, несмотря на внешнюю схожесть, подстандарты имеют глубокие отличия.

Стандарт 5.4.2. Усиление поля на выходе

Если ТС должна обеспечить сильное действие на выходе при слабом действии на входе, необходимо привести один из элементов ТС (вещество-преобразователь) в состояние, близкое к критическому. Под критическим состоянием здесь понимается состояние вблизи точки фазового перехода, возбужденное (т.е. насыщенное энергией) состояние, состояние вблизи предела прочности материала (механической, электрической и т.д.). В этом случае основная часть необходимой энергии запасается в веществе, а входной сигнал играет роль "спускового крючка". Стандарт является механизмом реализации тренда перехода на микроуровень, так как в этом случае основные свойства технической системы определяются ее поведение на атомно-молекулярном уровне.

Стандарт имеет три подстандарты

Подстандарт 5.4.2.1 Использование вещества «до точки перехода»

Подстандарт 5.4.2.2 Использование вещества «за точкой перехода»

Подстандарт 5.4.2.3 Использование вещества, в котором предварительно запасена энергия.