

Работа представлена как квалификационная для соискания звания «Мастер ТРИЗ». Защита будет проводиться 27 июля 2008 года в Санкт Петербурге.

Редактор

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА И
СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ,
НАХОДЯЩИХСЯ НА 3-М ЭТАПЕ ЭВОЛЮЦИИ

Фейгенсон Наум Борисович

Диссертационная работа для проведения сертификации по ТРИЗ на высший
уровень (Мастер ТРИЗ)

Научный руководитель - Мастер ТРИЗ Г.И.Иванов

Санкт Петербург
2008

Содержание

| | |
|--|-----------|
| 1. ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 2. КРАТКИЙ ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ТРЕТЬЕМ ЭТАПЕ ЭВОЛЮЦИИ | 7 |
| 3. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ТС | 12 |
| 3.1. МИКРО-ТРЕНДЫ КАК ДОПОЛНЕНИЕ К СИСТЕМЕ ЗАКОНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 12 |
| 3.2. РОСТ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 16 |
| 4. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 25 |
| 4.1. МЕТОДИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 26 |
| 4.2. МЕТОДИКА РАСШИРЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ..... | 30 |
| 4.3. ДОПОЛНЕНИЯ К МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА | 37 |
| 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 41 |
| 6. СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 43 |

1. ВВЕДЕНИЕ

В данном разделе работы изложена постановка проблемы и дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Актуальность темы исследования.

Наиболее важным направлением развития ТРИЗ на современном этапе является широкое применение для решения практических задач усовершенствования технических систем (ТС). Успешность работ в этом направлении весьма существенно определяет перспективы дальнейшего распространения ТРИЗ и прогресса ТРИЗ как науки. Наиболее часто объектом усовершенствования становятся устройства, технологические процессы, материалы, находящиеся на 3-м этапе эволюции. Большинство используемых человечеством ТС находится именно на этом этапе развития. 3-ий этап зрелости (maturity) технической системы характеризуется наличием множества устоявшихся связей, препятствующих внесению изменений. Вместе с этим к ТС предъявляются требования внесения постоянных улучшений, без которых устойчивое существование проблематично. Соответственно формируются требования к методическим инструментам, используемым для анализа и синтеза таких систем. Эти требования включают в себя высокую достоверность аналитических процедур, обоснованность разрабатываемых технических предложений, согласованность их со множеством разнообразных ограничений.

Поскольку в деятельность, связанную с существованием и модернизацией 3 этапных ТС вовлечено значительное количество людей, предъявляются дополнительные требования к методическим инструментам - простота, убедительность, наглядность, возможность использования в проектных работах, проводимых командой разнопрофильных специалистов.

Работы в направлении модификации классических методик для задач усовершенствования 3-этапных технических систем проводились многочисленными исследователями. Хотя задача создания специализированных инструментов не ставилась, многие разработки применимы для решения подобных задач. Известны работы Б.Злотина и А.Зусман. Г. И. Иванова, М.С.Рубина, В.М.Герасимова, В.Петрова, А.Пиняева и др., построенные преимущественно на материалах анализа и усовершенствований технических систем именно третьего этапа эволюции.

Но в целом рекомендации, используемые при анализе эволюции именно треть- этапных ТС, довольно скупы и лапидарны. Основная направленность этих рекомендаций - каким образом перейти на новый принцип построения ТС, улучшать некие вспомогательные функции. Методические инструменты для продления эффективного функционирования уже созданной ТС разработаны, на наш взгляд, недостаточно.

Таким образом, важность и актуальность тематики работы определяется широким распространением 3 этапных ТС и относительно слабой разработанностью и незавершенностью методических инструментов для практической деятельности по

поддержанию их устойчивого развития и достигнутого уровня относительного совершенства, максимального использования уже имеющихся ресурсов.

Диссертационная работа выполнялась в традициях Санкт-Петербургской (Ленинградской) школы ТРИЗ. К ним прежде всего относится практическая направленность исследований, широкое использование функционального подхода, компактная формулировка методических рекомендаций.

Отметим, что часть полученных в работе рекомендаций выходит за рамки первоначально сформулированной цели и может быть применена для анализа и модернизации систем, находящихся на 1 или 2 этапах развития.

Цель и задачи исследования.

Цель работы - повышение эффективности процедур анализа и синтеза технических систем (ТС), находящихся на третьем этапе эволюции. Для достижения указанной цели сформулированы задачи работы:

- Разработка усовершенствований методики анализа технических систем
- Разработка методических инструментов для повышения эффективности решения проблем развития и усовершенствования ТС

Методы исследования.

Основные методы исследования, примененные при выполнении работы, являются традиционными для ТРИЗ. На основе использования уже имеющихся инструментов ТРИЗ накапливался фактический материал о сбоях методики или анти-сбоях. Под анти-сбоями в данном случае понимается ситуация, когда методика применена с некоторыми шероховатостями, не вполне логически выверенными шагами, но полученный технический результат был интересным. Затем эти случаи анализировались, производилась корректировка или дополнение методики. Следующим шагом была проверка видоизмененной методики на новых задачах и сравнение с уже существующими ТРИЗ методиками.

Использовался также логико-дедуктивный метод. На основании сочетания, комбинирования известных методических инструментов, изучения аналогичных закономерностей прогрессивной эволюции разнообразных систем выдвигалось отдельное гипотетическое положение, относящееся к процессам усовершенствования ТС. Последующий анализ результатов применения этого положения позволял сделать выводы о его полезности и ограничениях, произвести корректировку.

Эмпирической базой исследований являлся накопленный, накапливаемый и постоянно переосмысливаемый персональный и коллегиальный опыт работы в реальных консультационных проектах (анализ технических систем, прогнозы развития, разработка и обоснование концепций по усовершенствованию, верификация предложенных решений). В качестве информационной базы исследований использовались литературные и патентные источники технической информации, результаты консультаций с экспертами, методические материалы и разработки, представленные на интернет сайтах и конференциях Triz-Fest ; TRIZ Future; TRIZCON, опубликованные в Журнале ТРИЗ и Triz Journal за 1998 - 2008 годы, рукописные материалы из Фонда ЧОУНБ и предоставленные коллегами.

Научная новизна исследования.

- Впервые введены понятия о двух взаимосвязанных составляющих эволюции технических систем - процессах роста и развития, выделены и систематизированы признаки для их определения. Применение предложенных понятий проясняет выбор локальных целей эволюции ТС и критериев оценки их достижения.
- Разработана новая методика функционального синтеза ТС, сочетающая возможности свертывания и функционально - ориентированного поиска и позволяющая существенно улучшить важные параметры ТС
- Установлен и систематизирован ряд специфических микро-трендов, присущих многим системам на третьем этапе. Их использование позволяет более точно произвести прогнозирование и конкретизировать рекомендации по развитию систем, находящихся на 3-м этапе развития
- Разработана методика поиска новых применений технических систем, основанная на сочетании анализа надсистемных тенденций и учете функциональных возможностей наряду с параметрическими ограничениями, присущими конкретной ТС и обеспечивающая получение идей, приемлемых для практического воплощения
- Разработаны методические рекомендации, дополняющие известную методику функционально- ориентированного информационного поиска и позволяющие повысить результативность его применения

Практическая значимость исследования.

Результаты исследования ориентированы прежде всего на практическое использование при выполнении консультационных проектов и преподавании ТРИЗ инженерам. Опыт применения предлагаемых методик и дополнений к существующим методикам показал их эффективность. Важно отметить, что этот опыт не сводится к персональному личному опыту автора - методики разрабатывались и испытывались в процессе командной работы, преимущественно в компаниях "Алгоритм" и Samsung Electro-Mechanics. Предложенное в работе выделение процессов роста и развития как составляющих техноэволюции может быть использовано при проведении исследовательских работ по методологии ТРИЗ.

Основные положения, выносимые на защиту

- Впервые применительно к эволюции технических систем введены понятия о двух взаимосвязанных составляющих - процессах роста и развития. Выделены и систематизированы признаки, подробно характеризующие особенности этих процессов. Применение введенных понятий проясняет выбор локальных целей эволюции ТС и критериев оценки их достижения.
- Разработана новая методика функционального синтеза ТС, сочетающая возможности свертывания и функционально - ориентированного поиска и позволяющая существенно улучшить важные параметры ТС
- Выделен и систематизирован ряд специфических микро-трендов, присущих многим системам на третьем этапе. Их использование позволяет более точно произвести

постановку задач при прогнозировании, детализировать рекомендации по развитию систем, находящихся на 3-м этапе развития.

- Разработана методика поиска новых применений технических систем, основанная на сочетании анализа надсистемных тенденций, учета функциональных возможностей и параметрических ограничений, присущих анализируемой ТС и применении закономерностей развития ТС для развития начальных идей.
- Разработаны методические рекомендации, дополняющие известные методики функционально- ориентированного информационного поиска и позволяющие повысить результативность его применения

Личный вклад соискателя.

Разработка методики поиска новых применений технических систем проводилась автором совместно с В.В. Павловым. Все остальные разработки, описанные в диссертационной работе, включая постановку задачи исследования, разработку методических рекомендаций, опробование их в практических условиях, оценка результатов опробования и определение ограничений в использовании, являются личным вкладом соискателя.

Апробация работы.

Основные результаты диссертационной работы докладывались на следующих конференциях: научной конференции «Инновационная технология проектирования сегодня и завтра» – Innovation Technology of Design Today & Tomorrow, Санкт–Петербург, 1999; научно–практической конференции «Творчество во имя достойной жизни», Великий Новгород, 2001; Научно-практической конференции "Развитие системы подготовки преподавателей, специалистов и исследователей ТРИЗ", Петрозаводск, 2003; Научно-практической конференции «Методические основы и практические рекомендации по решению актуальных проблем применения ТРИЗplus при выполнении консультационных проектов», Санкт-Петербург, Россия, 2004; 6-й Международной конференции "Информационное общество. Интеллектуальная обработка информации. Информационные технологии" Всероссийского Института Научной и Технической Информации, Москва, 2002; Международной конференции MATRIZ Fest 2005 "Развитие ТРИЗ: достижения, проблемы, перспективы", Санкт-Петербург, Россия, 2005; Международной конференции ETRIA TRIZ Future Conference 2005: Bridging east and west, Graz, Austria, 2005; Международной конференции ETRIA TRIZ Future Conference 2006: Creativity, quality and efficiency building an innovation culture, Belgium, Kortrijk, 2006; конференции "Теория и практика решения изобретательских задач", Международный фестиваль ТРИЗфест-2007, Москва, 2007 г

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, трех разделов и заключения, изложенных на 46 страницах основного текста, содержит 6 рисунков и 3 таблицы, список литературы из 45 наименований.

Перечень работ опубликованных по теме диссертации

1. Фейгенсон Н.Б. Совершенствование методики функционально–ориентированного информационного поиска // Научная конференция «Инновационная технология проектирования сегодня и завтра» – Innovation Technology of Design Today & Tomorrow, Санкт–Петербург, 1999, с. 124–125.
2. Фейгенсон Н.Б. Новый подход к применению старых аналитических процедур. // Научно–практическая конференция «Творчество во имя достойной жизни», Тезисы докладов, Великий Новгород, 2001, с. 38–39.
<http://www.natm.ru/triz/articles/feig/feig02.htm>
3. Фейгенсон Н.Б., Куракова Н.Б. Функциональный подход к информационной поддержке инновационных проектов. В сб. "Научно-техническая информация –2002": Труды 6-ой Международной конференции. Всероссийский институт научной и технической информации \ ВИНТИ, Москва, 2002 стр. 363-365;
4. Фейгенсон Н.Б. О неравномерности развития систем и принципе 80/20. // Научно-практическая конференция "Развитие системы подготовки преподавателей, специалистов и исследователей ТРИЗ", Тезисы докладов, - Петрозаводск, 2003
<http://matriz.ru/cgi-bin/linker.pl?id=10341&lang>
5. Feygenson N. Case Studies of Function-Oriented Search (FOS). ETRIA TRIZ Future Conference 2005: Bridging east and west, Graz, Austria; November 16-18; 2005, pp. 538-539
6. Фейгенсон Н.Б., Павлов В.В. Расширение областей применения технических систем. Доклады на Международной конференции MATRIZ Fest 2005 "Развитие ТРИЗ: достижения, проблемы, перспективы"; СПб 2005
<http://www.metodolog.ru/00479/00479.html>
7. Feygenson N. S - curve - characteristic properties of third stage of system evolution. TRIZ Journal №1(14), June 2005, pp.55 - 59 (in Russian and in English)
8. Feygenson N. Function Synthesis: New Methodological Tool and Case Studies. ETRIA TRIZ Future Conference 2006: Creativity, quality and efficiency building an innovation culture, Kortrijk, Belgium; October 9-11; 2006; pp.111-117
9. Фейгенсон Н.Б. Методика функционального синтеза технических систем. В сб. докладов конференции "Теория и практика решения изобретательских задач", Международный фестиваль ТРИЗфест-2007, Москва, 2007 г. стр. 234-236.

2. КРАТКИЙ ОБЗОР ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ТРЕТЬЕМ ЭТАПЕ ЭВОЛЮЦИИ

К числу базовых понятий ТРИЗ относится описание эволюции технических систем с помощью S-образных кривых роста. Введенное Г.Альтшуллером наименование 3 этапа - "старость" - несколько отличалось от принятого в биологии и англоязычной литературе, посвященной эволюции ТС наименования соответствующего этапа - "maturity" (зрелость, совершеннолетие, совершенство; законченность, полнота; полная готовность, завершенность). Это наложило определенный отпечаток и на последующее описание 3-го этапа. Характерная цитата [3, с.30]: "Необходимо отметить, что отказ общества от направленного совершенствования подобных систем вовсе не означает полное прекращение их развития. Системы улучшаются как бы попутно с другими, за счет

появления новых материалов, технологических возможностей, нового оборудования и т.п."

Третий этап в развитии окружающих нас технических систем является наиболее длительным. Большинство используемых человечеством ТС находится именно на этом этапе развития. Таким образом, с практической точки зрения простейшие количественные оценки показывают актуальность разработки методических инструментов, предназначенных для решения задач усовершенствования наиболее распространенных ТС.

В последнее время многие фирмы - лидеры научно технического прогресса, подчеркивают постоянное обновление ассортимента выпускаемой продукции, освоение новых революционных моделей. Далеко не всегда, с точки зрения ТРИЗ, эти новации сопровождаются переходом на новую S-образную кривую развития. Таким образом, эмпирическим путем постоянно решаются задачи обновления ТС, но "внешнего", локального. Разработка методических рекомендаций для целенаправленного проведения таких работ на более высоком уровне продуктивности и результативности представляется актуальной.

Но общие рекомендации по улучшению ТС, находящихся на 3-м этапе эволюции, довольно пессимистичны [2]:

"Возможные выводы из того факта, что система находится на третьем этапе развития.

- На ближнюю и среднюю перспективы следует решать задачи по снижению затрат и развитию сервисных функций.
- На дальнюю перспективу следует предусмотреть смену принципа действия ТС или ее компонентов, разрешающую тормозящие развитие противоречия.
- Очень эффективны глубокое свертывание, объединение альтернативных систем и другие способы перехода в надсистему."

В итоге складывается довольно своеобразная ситуация. Для самого распространенного и часто встречающегося типа ТС в арсенале ТРИЗ нет методических инструментов для решения задач обеспечения устойчивого стабильного существования и развития. Наглядно сложившуюся ситуацию можно проиллюстрировать на таком примере - аналоге. Представьте, что человеку, достигшему зрелости, мы предлагаем несколько ортодоксальные рекомендации - уменьшать потребности, переходить на существенно новые принципы сложившейся деятельности и др. Очевидно, что не менее интересны и полезны рекомендации о максимальном и длительном использовании уже имеющегося потенциала, продлении продуктивной зрелости.

Выделим, не претендуя на исчерпывающую полноту изложения вопроса об особенностях 3-этапных систем, некоторые общепризнанные и важные для дальнейшего изложения особенности 3-этапных ТС:

- Попытки улучшить функциональные показатели приводит к непропорционально резкому росту факторов расплаты, наталкиваются на множество ограничений, требует наукоемких исследований даже для незначительных улучшений. [2]. Таким образом, какой бы внешне простой не казалась ТС, при проведении улучшений она проявляет сложное поведение вследствие большого количества связей - не всегда очевидных и согласованных, трудно изменяемых.
- В деятельность, связанную с существованием и совершенствованием системы, включено множество людей [3].

- Важная, но не всегда явно выделяемая особенность методических инструментов, применяемых в последние годы при работе с 3-этапными ТС - направленность на применение при выполнении проектов. Проекты могут выполняться ТРИЗ - группой или командой специалистов, к которой подключаются ТРИЗ - группа. В отличие от изобретательской задачи(ситуации) проект имеет поставленную и количественно измеримую цель, четкие временные рамки и бюджет. Это непосредственным образом сказывается и на требованиях по срокам выполнения информационно- аналитических процедур, и на требованиях к их результативности. Важно и то, что результаты ТРИЗ анализа обычно представляются достаточно разнородной по составу и уровню специальных знаний проектной команде. При этом суть примененной методики и полученные с её помощью результаты должны быть прозрачными и убедительными. Из сказанного непосредственно вытекает требование максимальной простоты, возможности доступного изложения применяемых методик. Как утверждает Д. Гараедаги [4] - прав не тот кто ближе к истине, а тот кто сумел убедить большее количество людей в своей правоте.

Естественно, вышеперечисленные особенности нашли отражение в изменении инструментария специалистов по ТРИЗ. Ниже приводится краткий обзор инструментов ТРИЗ (или построенных на базе ТРИЗ) и ориентированных прежде всего на усовершенствование развитых, "зрелых" ТС.

Количество работ, специально посвященных вопросам эволюции третьих этапных систем технических систем, не столь уж велико. Одна из таких работ [5] предлагает в качестве магистрального направления разработку систем, способных к максимально полной утилизации собственных отходов. Это довольно близко к выдвинутой ранее Г.Альтшуллером и М. Рубиным концепции бесприродного технического мира[6]. Относительно недавно Б.Злотиним и А.Зусман введено понятие совершенных (perfect, consummate) технических систем [7],[8],[9]. Эти системы выделяются по признакам долгой жизни и огромного успеха. Сформулированы специфические особенности таких систем и предложены способы обеспечения "перфектности". В работе С. Яковенко обсуждается тенденция к повышению устойчивости ТС, сопровождаемая улучшением эко-эффективности [10]. Перечисленные работы подтверждают возрастающий интерес к методическому обеспечению решения задач, возникающих на этапе "зрелости" технических систем.

Традиционно в ТРИЗ не проводилось специальное разграничение аналитических и решательных инструментов в зависимости от стадии развития системы. На первых порах создания ЗРТС предпринимались попытки "привязать" к этапам развития ТС преимущественные "зоны действия" отдельных законов. Одна из последних работ подобного рода выполнена Е. Смирновым[11]. Но особой популярности эти разграничения не приобрели и в последних версиях ЗРТС уже не встречаются - см. например[2], [3].

Первая и казалось бы естественная тенденция в ответе на вызов сложности объекта исследования - усложнение применяемых методик. В этом направлении проводятся разработки несколькими исследователями и группами исследователей. Такое направление принято в цикле работ Н.Хоменко с соавторами [12],[13],[14]. Технология «Поток Проблем» предусматривает описание проблемы в виде сети противоречий. При детализации проблем и связанных с ними противоречий возникает больше штрихов к образу решения задачи. Выделяются также типовые фрагменты сети, позволяющие диагностировать частичные проблемы. Во многих случаях общепринятых компьютерных средств визуализации оказывается недостаточно и требуется разработка

специализированного программного обеспечения. В качестве достоинства этой методики можно отметить устойчивые (хотя может быть и не столь многочисленные) результаты её успешного применения и постоянное развитие. Недостатком является длительность освоения и ограниченные пока возможности её изучения.

В. Петров в целях "расширения системы стандартов, облегчения её использования и объединения решающих инструментов" разработал систему из 512 (пятьсот двенадцати) стандартов[18]. Впечатляет широта подхода - охвачены проблемы изменения потребностей и функций, синтеза систем, устранения вредных связей и вредных факторов, проблемы улучшения измерительных систем и др. Практическое использование такого обширного инструментария вызывает вполне понятные сомнения.

В результате многолетних исследований Б.Злотин с группой сотрудников разработали более 500(пятисот) трендов/линий технологической, маркетинговой и организационной эволюции[15]. Публиковались только фрагменты из этого перечня и по ним трудно сделать заключение о равнозначности, степени универсальности включенных в систему трендов. Тем не менее трудно анализировать эволюцию, согласованно подчиняющуюся такому множеству существенно важных закономерностей.

Подводя итоги краткого рассмотрения направления усложнения методик, можно привести следующую аналогию. В процессе внедрения методик системного анализа и имитационного моделирования, разработанных Дж.Форрестером и др. сложилась такая ситуация. Методики исследования довольно сложных систем были созданы и апробированы. Но для их применения требовались весьма существенные затраты квалифицированного труда аналитиков, программистов, значительные денежные и временные затраты. Такая ситуация чрезвычайно сузила возможности применения этого продуктивного подхода системного анализа. Выход был найден только за счет упрощения инструментов. Одно из направлений упрощения заключалось в создании интуитивно понятных программных средств и тем самым существенно снизилась острота проблемы нехватки квалифицированных программистов. Второе направление упрощений сводилось к проведению большой образовательной работы среди потребителей результатов системного анализа. Были изданы добротные популяризирующие книги - см. например [23], курс системного моделирования вошел в образовательные программы учебных заведений. Но прохождение этой траектории заняло более 30 лет и еще далеко от завершения. По видимому, похожий путь предстоит пройти и аналогичному направлению в ТРИЗ. Как убедительно показал Дж. Мур[19], такой механизм "преодоления пропасти" необходим для успешного развития многих высокотехнологичных новшеств. Таким образом, изначально построенная сложная система затем нуждается в упрощении для максимально широкого освоения и применения.

В тоже время в ТРИЗ существовало и иное направление, применяемое для практической работы - как при выполнении проектов, так и преподавания - создание простых методик. Формировалось это направление под действием разных побудительных причин. Иногда мотивировка заключалась в стремлении достигнуть внутренней строгости и компактности, исключения повторов. В некоторых исследованиях ставилась задача адаптировать громоздкие методические инструменты для преподавания и облегчения получения начальных навыков практического использования. Независимо от побудительных мотивов исследований, результаты были сходными - получение более компактных, обозримых и пригодных к использованию инструментов. Основное преимущество "упрощенческого" подхода понятны - такие методики легче осваиваются, могут шире использоваться, удобно использовать их рекурсивно, применяя несколько раз. Важными факторами оценки их работоспособности является происхождение, история создания и результаты

практического опробования. С этой точки зрения ограниченную, локальную ценность имеют упрощения "вся ТРИЗ" путём сведения к сокращенному набору инструментов, вычлененным по каким либо, не всегда ясным признакам.

Характерный пример использования упрощения методик - разработка усовершенствование системы стандартов на решение изобретательских задач. После цикла работ по увеличению числа стандартов, разработки алгоритма их использования, дополнения микро стандартами [21] последовали работы по упрощению системы. Цикл работ А. Пиняева [17], [16] привел к существенному сокращению применяемых функциональных аналогов стандартов (так называемых "функциональных подсказок") с одновременным улучшением диагностики проблемной ситуации. Направленность на получение практически приемлемых результатов проекта привела к отказу от парадигмы единственно правильного решения. А. Пиняевым выдвинута и обоснована концепция поля многочисленных задач и решений [16]. Выбор решений определяется условиями проекта и может производиться специалистом по ТРИЗ интерактивно при участии заказчика проекта. Работы Ю.Бельского, подытоженные в [22], также привели к существенному сокращению алгоритма вещественно полевого анализа. Основным итогом проведенной работы - возможность результативного освоения вещественно полевого анализа за короткий срок. Несколько иной подход к упрощению предложен и апробирован В. Петровым [20] применительно к АРИЗ. Им разработаны две дополнительные к полному АРИЗ версии - краткий АРИЗ и еще более краткое изложение логики АРИЗ. Пользователю АРИЗ предоставлено гибкого выбора подходящего варианта в зависимости от сложности решаемой задачи и уровня подготовки пользователя.

Таким образом, мы вкратце охарактеризовали существующие направления решения проблемы адаптации инструментов классической ТРИЗ к сложным, в том числе преимущественно 3-этапным ТС. Трудно отдать окончательное и безоговорочное предпочтение одному из двух направлений решения этой проблемы. Скорее всего, эти методические подходы должны дополнять друг друга. Ничто не препятствует включению отдельных простых инструментов в более сложные методики. Сложные методики, если они претендуют на широкое распространение, пройдут ряд эволюционных изменений в сторону упрощения.

На наш взгляд, более предпочтительным и соответствующим актуальным требованиям практики применения ТРИЗ является именно второе из перечисленных направлений, сосредоточенное на разработке простых, обзорных методик. Именно таким образом мы получаем новые дополнительные методические инструменты, имеем возможность провести их апробацию в практических условиях в обозримое время, при необходимости комбинировать их в ходе выполнения проекта. Поэтому в данном исследовании основные разработки выполнены в русле создания простых компактных методик.

Цель работы - повышение эффективности процедур анализа и синтеза технических систем (ТС), находящихся на третьем этапе эволюции. Для достижения указанной цели сформулированы задачи работы:

- Разработка усовершенствований методики анализа технических систем
- Разработка методических инструментов для повышения эффективности решения проблем развития и усовершенствования ТС

Обсудим, не является ли такая постановка цели и задач исследования слишком узкой. На наш взгляд, методики, изначально разработанные для обеспечения устойчивого прохождения высшего этапа эволюции, вполне применимы и для других этапов

техноэволюции. Нет логических препятствий для их применения, особенно если мы планируем на первом или втором этапе обеспечить устойчивое существование ТС на третьем этапе и предотвратить наступление этапа стагнации. Это положение подтверждается результатами практического применения предложенных в данной работе рекомендаций.

Заключение по разделу 1.

В данном разделе работы показана важность задачи поддержания устойчивого существования ТС и необходимость целенаправленной разработки методических инструментов для этого. Наиболее актуальным, по мнению автора, является разработка достаточно простых алгоритмов для широкого применения.

Отметим, что в последующих разделах диссертационной работы приводятся другие обзорные данные, логически связанные с описанием разработанных методик.

3. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ТС

Данный раздел диссертационной работы содержит описание разработок выполненных для усовершенствований методики анализа технических систем.

На основе изучения тенденций эволюции широкого класса технических систем выделен и сформулирован ряд новых микро-трендов, присущих многим системам на третьем этапе. Использование микро-трендов в качестве дополнения к традиционно применяемым законам развития технических систем позволяет более точно произвести постановку задач обеспечения устойчивого развития ТС, прогнозировать появление и проявление ограничений роста, вырабатывать обоснованные рекомендации по развитию ТС и её адаптации к надсистемным требованиям.

Для более объективного изучения эволюции технических систем впервые введены понятия о процессах роста и развития. Для возможности адекватного применения введенных понятий выделены и систематизированы признаки для распознавания и дифференциации этих двух взаимосвязанных составляющих технической эволюции. Применение такого подхода проясняет выбор локальных целей эволюции ТС и критериев оценки их достижения.

3.1. МИКРО-ТРЕНДЫ КАК ДОПОЛНЕНИЕ К СИСТЕМЕ ЗАКОНОВ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Для более инструментального подхода к описанию и анализу 3-го этапа выделены некоторые типовые микро-тренды. Общая характеристика выделенных микро-трендов сводится к следующим моментам:

- Источник возникновения микро-трендов - бизнес-требования, иногда возникающие на фоне существенных социальных макро-трендов; иногда проявляющиеся как следствие этих макро-трендов или индуцируемые распространением и внедрением самой ТС
- Микро-тренды имеет техническую составляющую, но к ней одной не сводится. Весьма существенны рекламные ходы, общие схемы построения бизнеса. В данной работе прежде всего выделялась именно техническая составляющая микро-трендов

- Часть выявленных микро-трендов взаимно связаны, поэтому некоторые требования к ТС могут быть интерпретированы двояким образом. Это не является следствием недостаточно отчетливой первичной классификации, проведенной нами. Во многих случаях это отражение взаимосвязи микро-трендов с трендами в над- над-над-системах. Поэтому на первых порах при использовании микро трендов в практических целях рекомендуется поступать аналогично анализу по ЗРТС. Другими словами, если техническая задача вытекает из нескольких микро-трендов, то это является лишним дополнительным подтверждением значимости задачи.

Микро-тренды и примеры их проявления систематизированы в Table 1. Следует отметить, что приведенный перечень микро-трендов не является исчерпывающим. Следует рассматривать материалы Table 1 как базу для пополнения, критики, дополнительной систематизации.

Обсудим два дополнительных вопроса.

Насколько применимы результаты выше описанных предложений для анализа систем, находящихся на 1 или 2 этапе развития? Даже беглый анализ показывает что такое возможно. На наш взгляд, это объясняется достаточно сложным переплетением в реальном мире различных систем, зачастую заимствующих друг у друга приёмы развития. Не стоит забывать и о том, что разбиение жизненного цикла систем на отдельные этапы условно, как и все существующие в мире классификации. Поэтому разработчик, используя микро-тренды для прогноза ТС, находящейся на 2-м этапе развития, может предложить меры для адаптации ТС к требованиям 3-го этапа

Второй вопрос носит более частный характер. Насколько следует увеличивать количество подобных выявленных микро-трендов? Следует ли уподобляться автору [28] или пытаться перещеголять его?

Существует и другая разновидность микро-трендов, наблюдаемых в эволюции реальных узкоспециализированных ТС или их подсистем. Это частные проявления вытекающих из ЗРТС тенденций прогресса, но сгруппированные и прослеженные применительно к конкретным системам. Примерами таких микро-трендов может служить линия развития систем охлаждения тормозных устройств или линия развития носимых компактных медицинских приборов. С точки зрения специалиста по ТРИЗ в таких линиях редко можно увидеть что существенно новое по сравнению с ЗРТС. Но для практических проектов такие комплексные - в смысле отражения и проявления действия совокупности закономерностей развития техники - линии развития гораздо более понятны и убедительны. По нашему опыту, в реальной практике при анализе какого либо класса технических систем всегда можно выявить несколько таких характерных микро трендов. Как правило, этого вполне хватает для содержательного и специфичного анализа. Вряд ли целесообразно использовать полученные для таких специальных условий закономерности для анализа других ТС. Практически более удобно выявлять и формулировать такие комбинированные линии развития по необходимости.

Table 1. Сводка микро-трендов, возникающих на 3 этапе развития систем

| № | Наименование и суть микро-тренда | Примеры |
|---|----------------------------------|---------|
|---|----------------------------------|---------|

| № | Наименование и суть микро-тренда | Примеры |
|----|--|--|
| 1. | <p>Удвоение спроса.</p> <p>Видоизменение характеристик ТС, позволяющее удвоить спрос без существенного изменения главной функции</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Фольксваген - ваш второй автомобиль;(1945-1980, Two-car families, see [24]) • Второй туалет в квартире • Второй телевизор - для кухни • Дезодоранты женский и мужской (чего не должно быть для функции "устранять запах") • По данным на середину 2004, в Швеции впервые сравнялось число номеров мобильных телефонов и число жителей. Объясняется это введением служебных и личных мобильных. Но ведь удобен именно один мобильный телефон. Есть ли здесь техническая задача? |
| 2. | <p>X -FREE.</p> <p>Введение модификации ТС, свободной от какого - либо вредного химического соединения. Иногда вред заметен только при массовом потреблении продукта, иногда его вводят искусственно как "страшилку"</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Latex-free изделия медицинского назначения. По статистике от 2 до 5%% пользователей испытывают аллергическую реакцию при длительном контакте кожи с изделиями с латексом. • Без фреоновые холодильники, распылители жидкостей • Батарейки, аккумуляторы без ртути, затем без кадмия • Продукты питания без холестерина, без лишних калорий • Питьевая вода без примесей хлора |
| 3. | <p>ЭКО - модификация</p> <p>По признакам переработки (остатков) использованных ТС вводят отличительную особенность - возможность рециклирования, (продукция, сделанная по технологии допускающей рециклирование или произведенная из вторичного сырья)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Бумага с возможностью повторной переработки • Требование рециклирования упаковочных материалов • Примерно в 2001-2002 году появились первые фабрики по переработке вышедших из употребления сотовых телефонов |
| 4. | <p>Адаптированность к длительному хранению и перевозкам</p> <p>Из-за глобализации экономики товары резко снижают себестоимость, доставляются из различных точек земного шара. "Логистические" издержки (транспорт, shielf-life, удобство расфасовки для покупателя) вполне сопоставимы с затратами на изготовление</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Фирма "Кока-кола" до сих пор объявляет конкурсы на проект упаковки с повышенной газонепроницаемостью • Исследования многих фирм по продлению времени хранения свежих продуктов самыми разнообразными техническими средствами - от добавок в продукт до специализированной упаковки • Упаковка медицинских катетеров предусматривает не только полную готовность к работе по числу требуемых компонентов, но и условия стерильного введения катетера непосредственно из упаковки |

| № | Наименование и суть микро-тренда | Примеры |
|----|---|---|
| 5. | <p>Новый материал.</p> <p>По статистике, каждый третий ученый в мире работает над усовершенствованием материалов. Появляется задача - как не упустить появление нового материала и связанные с ним возможности</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Замена медного провода оптоволоконном, которое изобрели не телефонные компании • Внедрение стеклопакетов вместо деревянных оконных переплетов • Синтетический материал "Meryl Nexten" из пустотелой волоконной нити. Прочнее ткани, весит в 2 раза менее, впитывает жидкость с тела на 33% интенсивнее чем хлопок, теплоизолирующие свойства на 25% лучше чем у полиэстера [28] • Проникновение хитина в фармацевтику, пищевую, косметическую отрасли, биосовместимые покрытия медицинских имплантов |
| 6. | <p>"Локальное потепление"</p> <p>Отмеченная в [28] тенденция миграции населения в более теплые края, резкое развитие курортных зон. Соответственно формируется тенденция в росте и развитии потребности/функции охлаждать воздух, напитки, пищу. Сопутствующая анти-тенденция - последующий быстрый нагрев(микроволновые печи, ускоренный нагрев в кондиционерах)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Кондиционеры в автомобилях, офисах, и пр. • Появление новых типов охладителей - локальные для компьютеров, локальные вблизи компьютера, носимые кондиционеры/вентиляторы • Ужесточающиеся требования к экономному энергопотреблению всех распространенных ТС |
| 7. | <p>Самообновление</p> <p>Вместо ожидания вытеснения конкурентами фирмы выстраивают платформы продуктов, из которых последующие могут вытеснить предыдущие модификации. Введение специальных мер для ускорения самообновления.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Корпорация WINTEL = Windows+Intel постоянно обновляет свои взаимосвязанные линейки продуктов • Многие фирмы при оценке нового продукта вводят параметр "каннибализм". Под этим понимают вытеснение собственных продуктов предыдущего поколения последующим. Приоритет этого параметра среди прочих зачастую бывает весьма низким. Выгоднее самому вытеснить собственный устаревающий продукт, чем дожидаться этого от конкурентов. • Многие бытовые приборы специальным образом сконструированы так, чтобы при неисправности стоимость ремонта была на 50% ниже стоимости ниже покупки новой модели [28] - например аккумуляторы мобильных телефонов • Пример фирмы Samsung на рынке экранов - несколько конкурирующих вариантов. Цель - не упустить растущий рынок, а не ставка на ТС лидера.[29] |
| 8. | <p>Принцип куклы Барби</p> <p>Основная часть прибыли получается не за счет приобретения изделия, а за счет расходных материалов, необходимых для поддержания работы изделия</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Продукция фирмы Жиллет - от лезвий до гелей для бритья • Бензопилы для профессионального использования требуют специальной смазки, добавок в автомобильный бензин, смены режущих частей - это и составляет основную долю прибыли дилеров • Биотуалеты требуют для эксплуатации нескольких видов дезодорирующих жидкостей, водорастворимой туалетной бумаги |

3.2. РОСТ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Для содержательного анализа эволюционных процессов в различных системах полезно разделить их на две составляющие - рост и развитие. Характерно, что при рассмотрении эволюции биологических систем разделение понятий роста и развития выглядит вполне естественным. Р. Акоффом [30] применительно к анализу сложных социальных систем проведено обоснованное разделение между ростом и развитием. Согласно Р. Акоффу, рост - это количественное увеличение измеримых показателей; развитие - это увеличение способностей и компетенций. При росте в первую очередь важно больше иметь извне - как ресурсов, так и прибыли. При развитии важно сделать побольше из того, что есть. Развитие не противопоставляется росту, но к нему не сводится. Продуктивность такого разделения составляющих процесса эволюции при изучении достаточно сложных систем показана на практике. Но нам не встречались упоминания о использовании подобного подхода для анализа эволюции технических систем. Первая работа в этом направлении опубликована нами в 2005 году [31]. В данной главе приведены результаты последующих исследований.

Перед дальнейшим изложением следует сделать замечание терминологического характера. Сложившиеся, часто употребляемые словосочетания "ТС развивается...переходит на следующий этап.... эволюционирует" подразумевают не какие то автономные действия самой ТС. Это сокращенная форма описания действий людей, целенаправленно занимающихся усовершенствованием ТС и результатов этих действий, проявившихся в изменениях ТС.

В краткой формулировке процессы роста и развития можно охарактеризовать следующим образом. При росте преобладает увеличение размеров или количества компонентов системы, весьма часто сопровождающееся повышением удельных показателей эффективности всей системы. На уровне "популяции" технических систем рост выражается в увеличении количества ТС, находящихся коммерческое применение или увеличением суммарного эффекта от их использования. При развитии происходит прежде всего увеличение как количества выполняемого комплекса функций, так и уровня их выполнения. Оценить степень развития можно специальными параметрами или по вызванному затем(впоследствии) росту.

С точки зрения взаимодействия с надсистемами рост можно кратко охарактеризовать как составляющую, характеризующую проникновение ТС в окружающую среду, развитие - как подготовку к такому проникновению.

Предложенное разделение процессов роста и развития - это выделение двух идеализированных частных случаев. В реальных условиях процессы роста и развития совмещены во времени и взаимосвязаны. Но выделить преобладающий на данном конкретном отрезке времени компонент эволюции - это важно и интересно. При этом происходит совершенно естественное

разделение критериев оценки результатов прогрессивной эволюции. Факторы оценки роста всегда достаточно очевидны и чаще всего являются общепризнанными. Оценка степени развития менее очевидна и требует более содержательного анализа.

Для более точного диагностирования процессов роста и развития их характеристики систематизированы, адаптированы для технических систем, дополнены и конкретизированы. Для удобства использования результаты этой работы представлены в виде таблицы Table 2.

Table 2. Сравнительные характеристики роста и развития

| №№ | Параметр сравнения | Рост | Развитие |
|----|---|---|--|
| 1. | Стадии преобладающего - не исключительного - проявления (фрагменты S-образной кривой) |  <p>2-ой этап эволюции</p> |  <p>1-ой и 3-ой этапы эволюции</p> |
| 2. | Определение применительно к ТС (что изменяется в ТС) | <p>Увеличение</p> <ul style="list-style-type: none"> • количества ТС (тиража, "популяции") • одного из существенных параметров ТС | <p>Увеличение</p> <ul style="list-style-type: none"> • показателей надежности, долговечности • удобства использования • количества функций, направленных на компоненты над системы <p>Снижение</p> <ul style="list-style-type: none"> • потребления ресурсов • выделения вредных веществ в окружающую среду |
| 3. | Какие потребности удовлетворяются | Удовлетворение четко проявляющейся, одной наиболее важной потребности над системы в возможно более широком масштабе | Для удовлетворения не всегда очевидных и сформировавшихся нескольких взаимосогласованных потребностей как в над системе, так и внутри ТС |

| №№ | Параметр сравнения | Рост | Развитие |
|-----|--|---|--|
| 4. | Отношение к выбору вариантов, использованию возможностей | <ul style="list-style-type: none"> • Реализация уже осуществленного выбора/сценария эволюции • Тиражирование ТС как средства повсеместного использования имеющихся возможностей • Ценность решаемых задач не изменяется. | <ul style="list-style-type: none"> • Усовершенствование выбора - рост разнообразия вариантов, использование новых критериев для выбора. • Улучшение качества присущих ТС возможностей и/или создание новых дополнительных потенциалов • Развитие сопровождается увеличением ценности решаемых задач, формирует их выбор |
| 5. | Содержание процессов | Наращивание масштабов, габаритов и/или количества систем | Преобладает улучшение взаимодействий, и не всегда явный краткосрочный результат |
| 6. | Направленность процессов | Однонаправленный процесс, крайне сложно осуществить рост во всех направлениях | Охватывает несколько взаимосвязанных процессов, увеличивает разнообразие направлений. |
| 7. | Усложнение ТС | Минимальное усложнение ТС. Иногда упрощение ТС для преодоления барьеров массового внедрения ("преодоление пропасти" по Дж.Муру) | Создание упорядоченной и управляемой сложности для обеспечения гибкости, изменчивости |
| 8. | На чем преимущественно отражается, результаты процесса | Результативность в ее актуальном, сиюминутном понимании. Распространенность ТС увеличивается, увеличение прибыли от изготовления и эксплуатации ТС | Качество функционирования отдельных подсистем и всей ТС в целом. Оценивается стабильностью, устойчивостью работы, удобством использования ТС. Способствует увеличению прибыли, иногда не сразу или опосредованно, через последующий рост. |
| 9. | Отношение к устойчивости эволюции | <ul style="list-style-type: none"> • Рост использует возможности устойчивого эволюционирования • Рост может вызвать неустойчивость | <ul style="list-style-type: none"> • Развитие подготавливает условия для устойчивой эволюции |
| 10. | Отношение к ресурсам | <ul style="list-style-type: none"> • Полное использование немногих ресурсов-наиважнейших в данный момент, наиболее готовых к продуктивному использованию • Недостаток ресурсов может ограничить рост | <ul style="list-style-type: none"> • Разностороннее использование ресурсов. Способность создавать и осваивать (новые) ресурсы, повышать эффективность использования ресурсов • Недостаток ресурсов не может ограничить развитие • Чем выше развитие, тем менее зависимость от ресурсов |
| 11. | Взаимоотношение процессов | | |

| №№ | Параметр сравнения | Рост | Развитие |
|-----|---|--|--|
| | Относительная "самостоятельность" процессов | Возможен рост без развития, без увеличения ценности, приносимой ТС. Рост "популяции" ТС может происходить без существенного изменения параметров самой ТС. | Развитие может не сопровождаться (заметным) ростом |
| | Взаимные ограничения процессов | Рост может быть ограничен недостаточной развитостью подсистем ТС, недостаточно согласованное (равномерное) развитие препятствует росту | Развитие без соотнесения с последующим ростом представляет ограниченную полезность, не увеличивает устойчивость эволюции |
| | Взаимное содействие процессов | <ul style="list-style-type: none"> • Рост может являться средством для развития • Используется достигнутый уровень развития, реализуется его потенциальная результативность | <ul style="list-style-type: none"> • Развитие подготавливает условия для роста • Развитие увеличивает количество возможных направлений роста |
| | Возможные негативные взаимодействия | <ul style="list-style-type: none"> • Рост может вызывать неравномерность развития • Рост может порождать задачи интенсификации развития, но в только в для ограниченного круга направлений, связанных с ростом | <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточно целенаправленное развитие может не привести к последующему росту |
| | Чередование во времени | Росту предшествует стадия развития | Развитие может стимулироваться результатами роста: решении задач, сформированных ростом; сохранении достигнутой эффективности роста |
| 12. | Оценка с точки зрения финансирования | <ul style="list-style-type: none"> • Рост приводит к увеличению финансовых показателей, оценивающих ТС. • Рост сопровождается движением финансовых потоков - как для инициирования, так и для поддержания | <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение финансирования не всегда прямо увеличивает уровень развития • Уменьшение финансирования не лишает достигнутой степени развития |

| №№ | Параметр сравнения | Рост | Развитие |
|-----|-------------------------|--|--|
| 13. | Ограничения и пределы | <ul style="list-style-type: none"> • В окружающей ТС среде - используемых ресурсах, взаимодействии с другими ТС и человеком. • Внутри ТС - в исчерпании возможностей сложившейся структуры для увеличения параметров роста • ТС могут быть слишком большими | <ul style="list-style-type: none"> • В недостатке знаний для создания новых компонентов, синтеза сочетаний - новых структур и функций • Внутри ТС - в исчерпании возможностей сложившейся структуры для выполнения новых функций или требуемого для роста улучшения существующих • ТС не могут быть слишком развитыми |
| 14. | Маркетинговое описание | Заполнение ниши рынка с наибольшей эффективностью | <p>1 этап - установление структуры, параметров и адаптация для начала первичного освоения ниши рынка</p> <p>3 этап - мобилизация ресурсов для максимально полного освоения ниши рынка, возможного воздействия на границы ниши с целью их расширения, переход в другие рыночные ниши</p> |
| 15. | Функциональное описание | <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение количества компонентов или их рост по легко измеримым параметрам(размерам) • Увеличение количества ТС | <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение количества функций и/или уровня их выполнения • и/или увеличение числа компонентов внешней среды, на которые направлены функции ТС. • Часто оценивается по инициированному впоследствии росту. |

Можно отметить некоторую аналогию между введенными понятиями и используемыми в ТРИЗ характеристиками изобретений. Простейшая оценка активности процесса техноэволюции по количеству патентов, которые нетрудно подсчитать, была дополнена Г. Альшуллером более содержательной, хотя и трудноизмеримой характеристикой уровня решенной задачи. Уровень решенной задачи в существенной степени сходен с оценкой вклада в последующее развитие, характеризуется большим разнообразием привлеченных знаний, иногда сразу труднооценимым увеличением возможностей. Хотя объекты оценки в этом случае разные (изобретение и реальная ТС), сходство заключается во введении двух показателей для более объективного описания эволюции.

Приведем некоторые примеры, поясняющие применимость и иллюстрирующие полезность выделения составляющих роста и развития в эволюции технических систем.

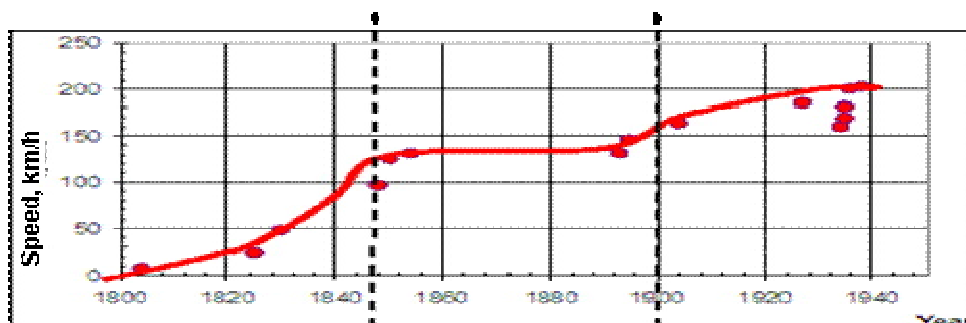
Генри Форд уделял внимание развитию концепции автомобиля для массового потребления - разработка конструкции автомобиля, конвейерной технологии, внедрению стандартизации и др. Это была явно выраженная стадия развития.

Затем наступила стадия роста - массового выпуска без изменений знаменитой модели Форд-Т. Рост потребовал дальнейшего развития технической системы "автомобиль". Но его осуществил первым уже не Генри Форд.

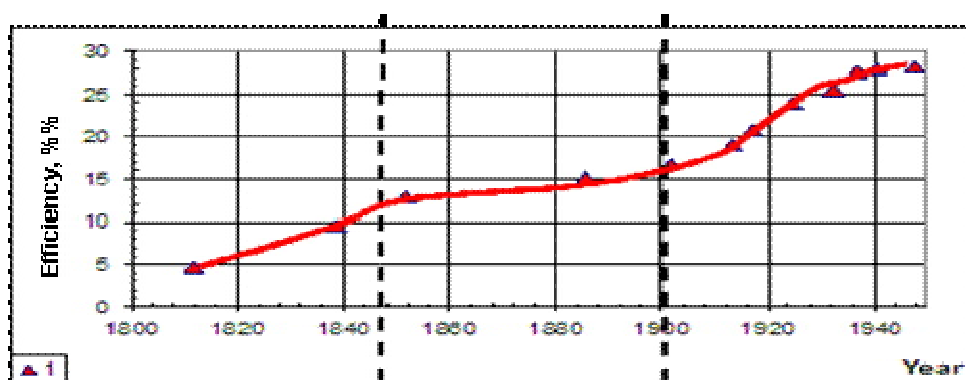
Рассмотрим эволюцию железных дорог, использующих в качестве тяги паровоз. Выбор этого примера обусловлен наличием достоверных данных о развитии как самой системы так и смежных систем. Как видно из данных, представленных Figure 1, в период с 1840 по 1900 гг. такие характеристики как максимальная скорость и эффективность локомотива на паровой тяге оставались практически неизменными. В это же период происходил резкий рост длины эксплуатируемых железных дорог (приведены данные по США, аналогичный рост наблюдался в это же время в Великобритании). Развития не было, рост шел вплоть до 1900 г. Затем наступила фаза с преобладанием развития - увеличивались скорость движения и эффективность паровой машины. Дальнейшее развитие привело к использованию новых видов разновидностей тяги.

Интересное соотношение роста и развития наблюдалось в истории Xerox PARC (Xerox Palo Alto Research Center). Этот научно-исследовательский центр был основан фирмой Xerox в 1970 году. Центр должен был заниматься разработками, которые бы позволили фирме и дальше оставаться лидером на рынке офисных технологий. Xerox PARC активно занимался развитием многих технологий, которые впоследствии стали стандартом в компьютерном мире. К их числу относятся лазерный принтер, первый компьютер с графическим интерфейсом Xerox Alto, концепция ноутбука, Ethernet, текстовые редакторы и др. Но сама фирма Xerox осуществила рост только технологий, применимых на рынке копировальной техники. Достигнутые успехи в развитии не пропали бесследно, а послужили основой роста для других компаний.

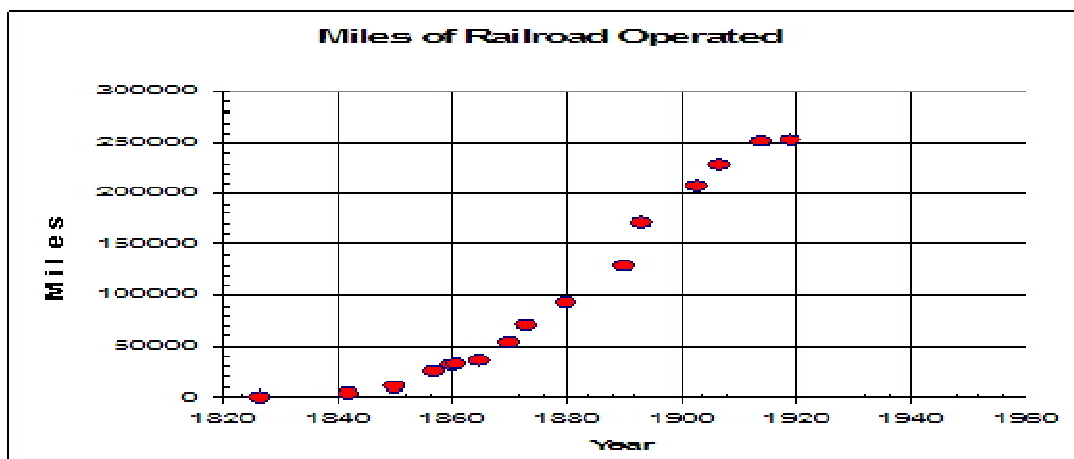
Следующий пример относится к эволюции технической системы электрическая дрель. Для увеличения производительности сверления отверстий электрической дрелью можно увеличить мощность приводного электромотора с соответствующим укрупнением сопряженных подсистем. Это процесс роста, повышения производительности без качественных изменений. Если ввести дополнительные устройства для ударно - вращательного движения - это развитие ТС. В.В. Шульц [33] предложил в 1980-х годах незначительно изменить форму режущей кромки сверла - заточить её по так называемой кривой естественного износа. При этом можно добиться повышения производительности, а также увеличения срока службы сверла счет более согласованных условий взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала. Это развитие ТС, но с некоторыми особенностями - оно может создать предпосылки для уменьшения роста сложившихся объемов сбыта сверл. Возможно, что эта коллизия является одной из причин не использования этой простой в воплощении, обоснованной и не защищенной патентом идеи.



a)



б)



в)

Figure 1. Характеристики роста и развития железных дорог на паровой машине (а - максимальная скорости движения; б - кпд паровой машины; в - суммарная длина железнодорожных линий в США - по данным [32])

Приведем более современный пример соотношения процессов роста и развития. Ноутбуки фирмы Хьюлетт - Паккард уверенно лидируют по продажам 2007 года (данные аналитической фирмы IDC, цитируется по [34]). Достигнуто это лидерство внимательным отношением ко вторичным, казалось бы функциям - предохранение клавиатуры от пролитой жидкости, прочный корпус, защитные покрытия всех изнашивающихся частей, дополнительная защита информации, Ambient Light Sensor, меняющий яркость подсветки в зависимости от уровня внешнего освещения. На наш взгляд, происходит именно развитие этой линейки ТС путем адаптации к требованиям пользователей по основным критериям безопасности, надежности, удобства использования. Другие основные параметры у всех ноутбуков для бизнес применений примерно одинаковы. Иллюстрация внедренных новаций приведена на Figure 2. В этом примере видно, как развитие за счет улучшения функций согласованно приводит к росту "популяции" продаваемых ноутбуков.



Figure 2. Иллюстрация развития ноутбуков, выпускаемых HP
источник <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2008/02/11/287539>

Итак, приведенные примеры применения для анализа эволюционной динамики разнообразных ТС введенных понятий подтверждают их полезность.

Охарактеризуем вкратце возможные дальнейшие пути усовершенствования и применения введенных и описанных понятий роста и развития .

- Технические системы отличаются от организмов разделением функций существования (то есть эксплуатации ТС) и репродукции (то есть изготовления ТС). Опыт коммерческой эксплуатации ТС служит импульсом, стимулом для развития систем её производства. Но в биологии описаны две характерных

стратегии воспроизводства - так называемые R - стратегия и K - стратегия. R- стратегия - это вариант, при котором производится максимально большое количество потомства, но при этом забота о потенциальном потомстве сводится к минимуму. K-стратегия - это стратегия, при которой количество потомков сводится к минимуму, но зато основная энергия родителя направлена на заботу о потенциальном потомстве. В некоторых случаях эти стратегии сочетаются, иногда происходит смена стратегий в ходе формирования биологического вида. Имеются аналоги такой смены стратегий "размножения" в технике [35] - ситуация относится к началу второй мировой войны: "Наш знаменитый конструктор самолетов А.С.Яковлев предложил резко упростить конструкцию моторов истребителей, что ускорило их производство, но ограничило эксплуатацию всего несколькими десятками часов. Это позволило произвести в короткие сроки большое количество истребителей и быстро добиться решающего преимущества над люфтваффе. В то же самое время англичане продолжали изготавливать моторы своих истребителей на фирме "Роллс-Ройс", дававшей гарантию на 1200 часов полета, и получили трагедию Ковентри. Решение Яковлева определялось простым соображением: в условиях той войны истребитель жил в воздухе в среднем около 10 часов... Ясно, что идея Яковлева - типичный пример R-стратегии. Очевидно, что она спасительна в критический период войны, но становится непригодной с наступлением мира." Представляется интересным развить эту аналогию более детально для технических систем.

- Другое направление исследований - учет влияния обучения, накопления явных и неявных знаний (learning curves или knowledge curves) на характеристики развития и роста.
- При анализе изменения параметров ТС в зависимости от времени довольно часто возникает ситуация, когда плавная кривая превращается в некое облако точек. Является ли это признаком перехода к этапу с более интенсивным развитием и какой именно рост, в каком направлении последует за этой фазой развития - вопросы для последующих исследований.

Таким образом, введенные нами понятия имеют определенный потенциал для дальнейшего усовершенствования.

Заключение по разделу 3.

- Установлены микро- тренды, присущие преимущественно ТС на третьем этапе эволюции. Применение микро-трендов как дополнения к базовым классическим закономерностям развития технических систем позволяет более точно производить прогноз развития ТС.
- Выделены, систематизированы, описаны по многим параметрам/признакам два понятия, описывающие разные взаимосвязанные составляющие технической эволюции - рост и развитие ТС
- Введенные понятия развития и роста являются дополнительными по отношению к применяемым в ТРИЗ оценкам ТС - идеальности, динамичности, управляемости и не сводимыми к ним

- Практическая ценность при использовании введенных понятий заключается в возможности оценить составляющие любого усовершенствования ТС:
 - как способствующее росту, воспроизведению и приносящее быстрые результаты
 - как направленное на увеличение выживаемости, долгосрочной адаптации ТС к ресурсам и окружающей среде, иногда без получения краткосрочной отдачи
 - в некоторых случаях не возрастание или даже спад одного из параметров технической системы не является признаком деградации, остановки прогрессивной эволюции. В системе могут идти процессы развития, накопления потенциала для дальнейшего роста или повышения стабильности существования.

4. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Данный раздел описывает результаты исследований по разработке инструментов для решения проблем развития и усовершенствования ТС.

Разработан алгоритм выполнения функционального синтеза ТС. Алгоритм построен на сочетании методик свертывания и функционально ориентированного информационного поиска. Получаемые при применении алгоритма формулировки неочевидных задач и технические решения приводят к существенному повышению эффективности ТС без значительных затрат на осуществление решений. Приведены примеры применения алгоритма для разных типов ТС (устройства, процесса, материала). Сопоставление предложенного алгоритма с известными ТРИЗ - инструментами показывает его новизну. Показаны ограничения в применении алгоритма и возможные варианты его дальнейшего усовершенствования.

Для решения проблемы поиска новых/дополнительных применений технических систем разработана методика, совмещающая нахождение проявлений надсистемных возможностей и учет параметрических ограничений, присущих анализируемым системам. За счет такого подхода конкретизируется область новых перспективных применений технических систем, описываемая новыми функциями и способами их выполнения, адаптированными для продуктов с устойчиво растущими рынками. Основное преимущество предлагаемой методики заключается в существенном сокращении поля поиска возможных коммерчески привлекательных новых применений ТС при гарантированной осуществимости разрабатываемых предложений.

Для повышения результативности применения функционально ориентированного информационного поиска как инструмента решения проблем разработаны рекомендации, дополняющие основной алгоритм. Основное содержание рекомендаций сводится к формулировке дополнительных

требований к выбору специализированных "лидирующих" отраслей для заимствования и преобразования идей улучшения выполнения функций. Также предложен формат описания комплекса апробированных технических решений из "лидирующих" отраслей. Применение разработанных рекомендаций повышает результативность поиска и обеспечивает практическую реализуемость технических решений, получаемых функционально ориентированным информационным поиском.

4.1. МЕТОДИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Вопросы синтеза технических систем целенаправленно начали разрабатываться относительно недавно. Направление объединения систем было отмечено Г.Альтшуллером как глобальная схема развития технических систем. Описанные в системе стандартов механизмы "правильного" построения взаимодействия отдельных элементов системы только частично позволяют решать задачи синтеза технической системы в целом. Конкретные методические приемы разрабатывались для объединения альтернативных систем(С.Литвин, В.Герасимов); объединения системы и анти-системы для повышения управляемости(Г. Френклах); гибридизации систем (В.Герасимов, Г.Зайниев, В.Прушинский); функционального развертывания (А.Кислов с соавторами). Даже из беглого обзора этих работ выясняется достаточно очевидная картина. Формирование методик синтеза идет двумя сочетающимися путями:

- Использование отдельных выбранных методических инструментов для объединения(синтеза) определенных классов систем
- Обобщение эмпирически выполненных работ в виде алгоритма

Предлагаемая методика функционального синтеза разрабатывалась сходным образом. Следует явным образом отметить используемые в качестве базовых устоявшиеся методические инструменты, на сочетании которых построена нижеописанная методика. К ним относятся:

- Свертывание - по сути, нами существенно развит мало употребляемый вариант свертывания "функцию удаляемого элемента выполняет новый элемент системы"
- Портрет эффекта [36]
- Функционально- ориентированный информационный поиск

Для выполнения процедуры синтеза в рамках усовершенствования конкретной ТС необходимо предварительное проведение хорошо известных аналитических процедур:

- Точная формулировка главных целей усовершенствования ТС

- Функциональный анализ
- Диагностический анализ

Основные шаги функционального синтеза следующие:

- Шаг №1. Используя результаты функционального и диагностического анализа, выделить две существенные для ТС функции с не адекватным уровнем выполнения функций.
- Шаг №2. Сформулировать проблему синтеза следующим образом: "как выполнить обе выбранные функции одним носителем функции?"
- Шаг №3. Сформулировать поисковый образ искомого носителя (портрет ответа)
- Шаг №4. Произвести функционально - ориентированный поиск идей решения
- Шаг №5. При необходимости - решить дополнительные задачи адаптации полученной идеи решения.

Сравнение предложенной методики с другими сходными и используемыми при проведении функционального синтеза приведено в таблице Table 3. Содержание таблицы достаточно ясно показывает отличительные особенности и достоинства предложенной методики.

Table 3. Сравнение методики функционального синтеза с другими ТРИЗ методиками

| Параметр сравнения | Сравниваемые методики | | |
|---|--|---|--|
| | Предложенный функциональный синтез | Свертывание | Функционально - ориентированный информационный поиск |
| Объект для первоначального усовершенствования | Две функции ТС и выполняющие их компоненты | Компонент ТС | Функция ТС и выполняющие её компоненты |
| Границы поиска возможных решений | Исходная ТС и любые другие ТС | Преимущественно компоненты исходной ТС | Любые существующие ТС |
| Основное направление усовершенствований | Введение нового компонента в ТС взамен как минимум двух существующих | Удаление (свертывание) компонента ТС | Введение нового компонента в ТС взамен существующего |
| Основные достигаемые преимущества | Увеличение эффективности выполнения функций; устранение недостатков, связанных с удаленными компонентами | Устранение недостатков, связанных со свернутыми компонентом | Увеличение эффективности выполнения функции |

Приведем пример применения методики. Композиционный материал, используемый для изготовления фрикционных накладок в тормозных устройствах, нуждался в улучшении характеристик прочности и износостойкости. Типичный состав фрикционных материалов - около 10-20 компонентов. Каждый компонент выполняет иногда несколько функций. Некоторые функции прямо противоположные - нужно и снизить трение в первые моменты торможения, чтобы избежать слишком резкой остановки и увеличить трение, чтобы торможение произвести. Характерно, что простым путем введения армирующих компонентов проблема увеличения прочности решается только частично - армированный фрикционный материал разрушается по наиболее слабому компоненту - наполнителю. Армирование не решает проблему надежного удержания абразивных частиц.

Сформулирована проблема синтеза "как одним компонентом выполнять функции удерживать абразивные, армирующие и наполнительные компоненты?" По результатам функционально - ориентированного поиска было предложено использовать для предварительной подготовки компонентов технологию, применяющуюся в авиации для нанесения жаропрочных покрытий. Технология микродугового оксидирования позволяет нанести слой корунда на поверхность алюминиевого сплава с весьма хорошим сцеплением. Таким образом, покрывая отрезки алюминиевой проволоки, используемые и для армирования и для улучшения теплопроводности композита, корундовым покрытием, можно совестить функции. Если покрытие будет иметь открытую пористость - это позволит ему надежней соединяться с пластичным полимерным наполнителем. В результате улучшается контактное взаимодействие всех трех компонентов - абразива, арматуры, наполнителя. Оценки экспертов показали, что в синтезированном на новом принципе материале возможно увеличение прочности и износостойкости на 30-40%. С технологической точки зрения важно то, что базовый процесс прессования композиционного материала не меняется - добавки алюминиевой проволоки с корундовым покрытием должны изготавливаться отдельно. Таким образом, применение методики функционального синтеза к типичной 3 этапной ТС позволило разработать идеи существенного улучшения.

Для иллюстрации работоспособности методики приведем краткое описание еще двух примеров ее применения - более подробно эти примеры описаны в работе [37].

Устройство - специализированная массажная система с приводом от воздушного компрессора. Цель - уменьшить габариты и стоимость ТС. Предложено удалить из ТС два элемента - стол для пациента и ресивер компрессора. Замена этих элементов хорошо известными и апробированными техническими устройствами позволяет снизить вес на 40%, цену на 15%. Принцип действия синтезированной системы не изменяется.

Технологический процесс изготовления специализированной упаковочной полимерной пленки включал в себя функции "наносить клей" и "формировать выступы". Синтез привел к замене двух разнородных под-систем носителей этих функций на единый носитель, выполняющий одновременно обе функции. Принцип изготовления изменился, выпускаемый продукт остался прежним.

Следует отметить, что в примерах показана работоспособность методики для усовершенствования материала, устройства и технологического процесса.

Рассмотрим некоторые дополнительные варианты применения методики функционального синтеза. В некоторых случаях возникает следующая ситуация - в системе требуется усовершенствовать сразу три функции. Во избежание чрезмерного усложнения поискового образа рекомендуется производить синтез, комбинируя функции попарно.

Предлагаемая методика не является абсолютно универсальной. Используемые в ней процедуры свертывания и функционально - ориентированного информационного поиска сами по себе, применяемые

отдельно не приводят к стопроцентной гарантии результата. Поэтому их совместное применение должно уменьшить вероятность получения успешного решения. Но можно с уверенностью утверждать следующее - если вы не поставите задачу по новому, так как это предложено в описанной методике, то вряд ли можно и получить её решение. Поскольку предлагаемая методика не является громоздкой и трудоемкой, то опасность потери времени на "рискованные" аналитические исследования не велика.

Одно из возможных вариантов развития предложенной методики функционального синтеза - введение в поисковый образ одной имеющейся, но неудовлетворительно выполняемой функции и второй функции, которой в ТС нет, но она желательна. Пока это направление не опробовано на достаточном количестве примеров и о нём можно говорить только как потенциально привлекательном.

4.2. МЕТОДИКА РАСШИРЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Вопрос о расширении областей применения технических систем особенно актуален для третьей стадии их развития. В тоже время методические подходы к решению этого вопроса достаточно скромны. А. Пиняев предложил методику поиска дополнительных применений - так называемых функциональных аналогов, пригодную только для относительно простых систем [38]. А. Кисловым с соавторами предложена алгоритм расширения функций товара [41]. Недостаток этого алгоритма заключается в чрезмерном расширении поля поиска и соответственно неконтролируемом удалении от начальной постановки задачи заказчиком, учете его реальных возможностей. А. Любомирским предложены прототип методики инверсного функционально-стоимостного анализа и довольно близкий по сущности функционально-морфологический анализ для поиска новых применений ТС [39]; [40]. Недостатки этих методик заключаются в следующем:

- Применяется трудоемкий процесс построения морфологического ящика, приводящий к большому количеству первичных предложений
- Выбор из первичных предложений пригодных вариантов существенно субъективен
- Не предусмотрено планомерное развитие/совмещение функций ТС в этих пригодных вариантах
- После нахождения привлекательных вариантов для них приходится решать задачу применимости, т.е. отвечать на вопросы относительно предлагаемой идеи:
 - Работоспособно?
 - Известно уже?

- Имеется ли рыночный потенциал?

В итоге в качестве методики мы имеем гарантированно трудоемкую аналитическую процедуру, в результате которой преимущественно ставятся задачи и с непредсказуемой эффективностью получают разнообразные идеи, требующие значительных трудозатрат для проведения их оценки и развития.

Для более наглядного представления о предлагаемом нами алгоритме сначала произведем экспресс - разбор задачи-аналога. Вспомним сказку о Золушке. Составим "компонентную схему" с перечнем всех действующих лиц, кратко опишем их функции и зададимся простым вопросом - какой же "компонент" является наиболее важным для осуществления финальной счастливой ситуации? Простые рассуждения показывают, что при отсутствии принца, находящегося в фазе высокой поисковой активности и обладающего ресурсами для её поддержания, вознаграждения достоинств других персонажей, не приведут к счастливому концу. Обратим на это внимание. Не будем забывать и важность персонажей-посредников, подготавливающих и помогающих осуществить нужные для благополучного финала поступки.

Другой пример, подтверждающий важность влияния надсистемы на поиски новых применений ТС. На рубеже 20 - 21 века был отмечен парадоксальный рост спроса на рынке свинцово-кислотных аккумуляторов. Основные характеристики этих ТС существенно не улучшались уже долгие годы. Причина роста спроса - востребование неизменных свойств аккумуляторов из за появления новых отраслей техники, интенсивно растущих и развивающихся. Это прежде всего мобильная связь, где аккумуляторы использовались как резервные источники питания базовых станций. Оказались востребованными такие свойства как минимальная величина саморазряда, значительный ресурс, устойчивая работы в буферном режиме, низкая цена. Вторым потребителем оказались гибридные автомобили. Но в этом случае интерес был временным, так как использование свинцово-кислотных аккумуляторов решало только одну, но насущную проблему - снижение цены гибрида.

Общая схема предложенного алгоритма, учитывающего тенденцию определяющего влияния надсистемы на результативность поиска новых эффективных применений, представлена на Figure 3. .

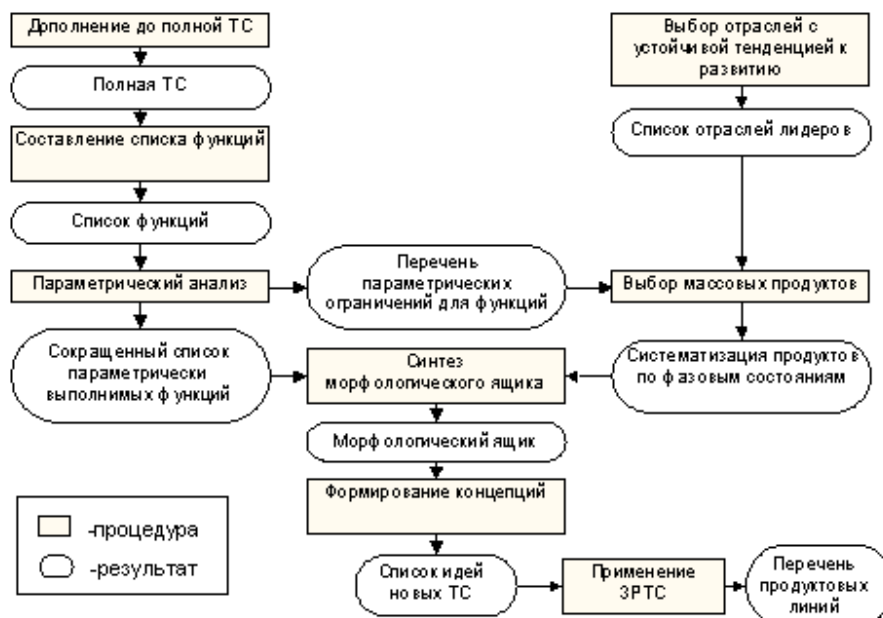


Figure 3. Общая схема алгоритма расширения областей применения ТС.

Ниже несколько подробнее описаны основные шаги алгоритма:

Левая ветвь алгоритма:

- Дополнение до полной ТС.

Основное содержание этого шага - преобразование исходной ТС носителя до полной ТС для повышения уровня системного рассмотрения. При исходной системе "устройство" в дополнение к классической версии закона полноты частей системы может быть сформировано несколько возможных инструментов. В случае исходной системы "технологический процесс" следует дополнить описание предшествующими и последующими функциональными блоками.

- Составление перечня возможных функций полной ТС.
- Уточнение функций, доступных полной ТС для выполнения по параметрам - массе, габаритам и энергии.

Таким образом, работа по этой ветви алгоритма направлена на выполнение требования практической осуществимости и работоспособности новых искомых применений ТС.

Опишем работу по правой части алгоритма.

Основная цель - Составление перечня продуктов - возможных объектов функций, доступных полной ТС. Для этого последовательно по достаточно

традиционным и общеупотребительным параметрам производится сужение НадНадНадСистемы, т.е. рынка.

- Для этого из числа существующих отраслей выбираем имеющие устойчивые тенденции к развитию. По П.Друкеру, это отрасли с темпом роста выше темпов роста валового национального продукта или роста населения. Информация о таких отраслях доступна из статистических отчетов Всемирного банка, государственных органов.
- Из выбранных отраслей выделяем отрасли, продукты которых достигли стадии массового продукта, создали многомиллионные рынки. Перечни таких продуктов достаточно легко составить из-за их распространенности. Тем самым с высокой вероятностью обозначаем поле возможных коммерчески привлекательных новых применений. Одновременно учитываем уже известные ограничения по массе, габаритам, энергоемкости и другим характеристикам. В результате выделяем продукты, доступные для осуществления функций полной ТС с ее параметрами. Иными словами, определяем параметрически доступные продукты. В итоге получаем довольно компактный список продуктов, по отношению к которым целесообразно выполнять функции полной ТС.
- Составляем список продуктов (объектов функций) - потоков веществ и/или полей, с которыми в этих отраслях работают (газы, жидкости, гели, пены; механическое, тепловое и пр. поля).

Совмещая перечень параметрически осуществимых функций с перечнем продуктов, синтезируем морфологический ящик, в ячейках которого оказываются коммерчески значимые и технически осуществимые идеи и концепции разнообразных ТС (см. рис. 3). Важно отметить, что благодаря предварительно проведенным процедурам в область, описываемую морфоящиком попадают возможные новые применения, которые заслуживают серьезного рассмотрения.

Полученные идеи и концепции ТС можно подвергнуть анализу по параметру "известность" и в случае обнаружения уже имеющихся прототипов - прогнозу по закономерностям вытеснения человека, повышения управляемости и пр. В результате может быть получен ряд взаимосвязанных предложений, составляющих так называемую продуктовую линейку.

Таким образом, для решения задачи о поиске новых применений объекта широко используется закономерности развития технических систем. Можно сказать, что поставленная задача поиска новых применений сведена к задачам, уже имеющим методику решения - т.е. функционально параметрическому анализу и прогнозу развития ТС.

Достоинством предлагаемого метода является сокращение трудоемкости анализа за счет отсеивания бесполезных вариантов уже на первых шагах анализа.

Главный результат применения такого подхода - вместо разрозненных идей для разнообразных приложений может быть получена "продуктовая платформа".

Предлагаемая методика не является универсальной и гарантированно успешной для всех возможных ТС. Задачи поиска вряд ли могут быть полностью решены алгоритмически. В случае сложных ТС могут потребоваться серьезные изменения в самой ТС. Другое ограничение методики - направленность на выявление относительно устоявшихся тенденций и как следствие высокая вероятность выбора высоко конкурентных областей, с высокими барьерами входа на рынок. Как и многие методики ТРИЗ, предлагаемая методика позволяет получить только идеи, для реализации которых требуются дополнительные исследования и разработки. Тем не менее ключевые моменты методики - выбор "точки приложения усилий" и учет параметрических ограничений, могут быть использованы при последующем её совершенствовании.

Ниже разобран пример применения методики поиска новых применений ИС.

Объекты анализа - одноразовые батарейки на стадии эксплуатации. Основная область их применения - портативные устройства (верхний предел - ручной инструмент, ноутбуки, нижний - не ограничен).

Цель анализа - определение тенденций и выработка предложений, способствующих увеличению потребления батареек.

Некоторые особенности конкретной ситуации:

1. Потребителям нужны функции устройств, использующих батарейки, а не сами батарейки. Следовательно, необходимо перейти к более общему, над системному объекту анализа. Это устройства, использующие батарейки, в т.ч. потенциально.
2. Заказчик (фирма-производитель батареек) не хотела повторять эволюцию фирм-производителей электронного оборудования типа Sony, которые производят батарейки для собственного оборудования, т.к. при таком варианте развития придётся постоянно догонять лидеров. Следовательно, следует искать отрасли применения, близкие по выпускаемым продуктам к производственным и сбытовым возможностям Заказчика.
3. Выбор новых применений должен соотноситься с масштабами выпуска батареек. Следовательно, это должны быть изделия массового применения или потенциально применимые для обработки широко распространенных продуктов.

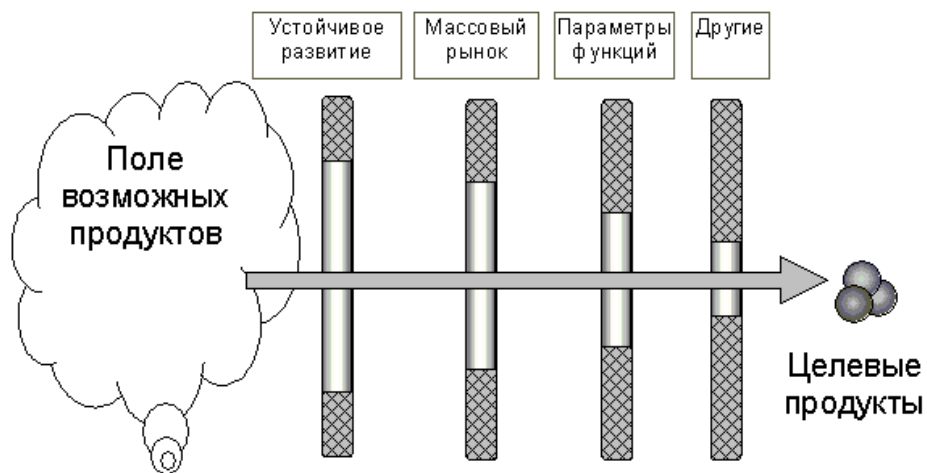


Figure 4. Схема сужения поля поиска для выявления целевых продуктов.

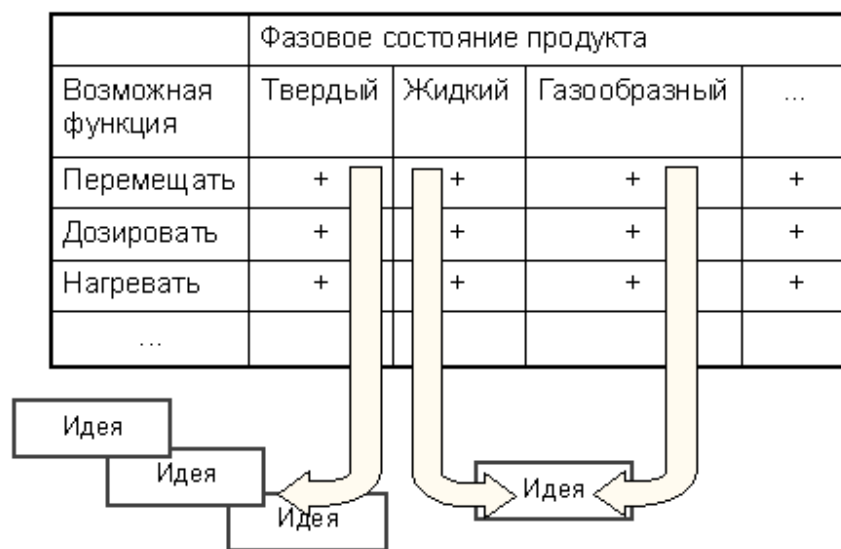


Figure 5. Схема комбинирования перечней возможных функций и обрабатываемых продуктов для формулировки идей.

Итак, для устойчивого управления потреблением батареек требуется самим управлять созданием таких изделий - потребителей батареек. Для этого следует определить параметры устройств, функции которых могут быть обеспечены с применением батареек. В результате произведенных оценочных расчетов получены параметры:

- стоимость устройств в пределах \$20-\$50;
- время автономной работы без смены батарейки не менее 5-15 дней;
- размеры не более ~10см;
- размеры рабочего органа около~1см;
- потребляемая энергия ~ 0,01- 0,1 Вт*часов в день.

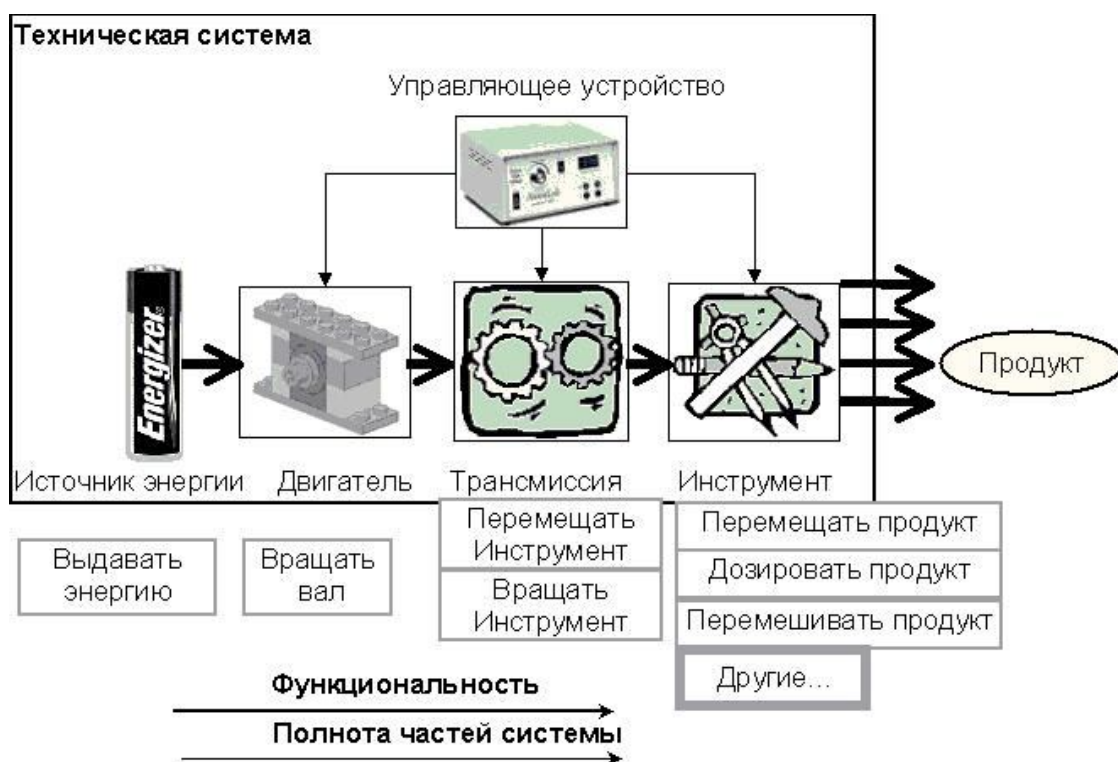


Figure 6. Применение закономерности повышения полноты частей системы.

На Figure 6 показано, как получен комплекс технически осуществимых функций для изделий, использующих батарейки. Сформулирован набор функций, параметрически выполнимых с некими, пока неопределенными, продуктами (перемещать, дозировать, охлаждать, перемешивать, удерживать и др.).

Следующий вопрос - см. правую ветвь алгоритма: какие продукты целесообразно обрабатывать перечисленным набором функций? Для нашего примера это широкий спектр дозаторов для шампуней, кремов, кетчупов, "механизирующих" не только главную функцию, но и выполняющие

информационные и управленческие функции. Аналогичные линии продуктов можно выделить для локальных охлаждающих или нагревательных систем. Естественно, при разработке этих систем использование батареек как источников питания было не было специально предусмотрено и возникало по мере необходимости. Но важно, класс таких систем существовал и можно было сформулировать задачу по его целенаправленному расширению - с точки зрения интересов заказчика проекта. Из-за недостатка места мы не приводим в данной работе перечень предложений новых продуктов.

Важно отметить, что были предложены не разрозненные идеи, а связанные общей функцией и с предсказанными линиями развития.

Обсудим основные результаты, достигнутые при применении предложенной методики в данном примере.

- Все разработанные предложения отличаются исключительной простотой. В каждой из этих развитых отраслей есть уже многие компоненты в высокой степени готовности и мы только собирали их в развивающуюся систему. Таким образом создаются предпосылки для успешного внедрения.
- В результате анализа показаны возможности входа в привлекательный сектор рынка, емкость которого при оценках в первом приближении велика. Вследствие большого объема рынка и его устойчивого роста появляется возможность не только зарабатывать много, но и долго. Предложенные устройства могут применяться в других отраслях.
- Компании - заказчику проекта не требуется освоения новых производственных технологий (изменения в уже применявшихся у заказчика проектах технологиях не существенны)

Заключение.

- Предлагаемый подход к поиску новых применений менее трудоемок по сравнению с ранее предложенными за счет существенного предварительного сокращения "ёмкости" морфологического ящика.
- Получаемый результат - это группа новых продуктов с разработанной линией развития, что более полно и доказательно, т.к. базируется на ЗРТС.

4.3. ДОПОЛНЕНИЯ К МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА

Функционально-ориентированный информационный поиск (ФОП, иногда применяется аббревиатура ФОИП) относительно недавно введенный в обиход широкого круга ТРИЗ специалистов методический инструмент. Разработка ФОП началась в середине 80-х годов. Интенсивно использовался и совершенствовался ФОП в практике выполнения консультационных проектов

фирмой GEN3 Partners и её партнера - компании "Алгоритм". Подробный обзор развития ФОР выполнен нами в работе [42].

Согласно [43] - "Функционально ориентированный информационный поиск - это метод поиска информации, при котором область поиска выбирается на основе сходства функций улучшаемой системы и систем в других областях. Целью поиска является выявление наиболее эффективных существующих технических решений реализации данной функции, которые могут быть использованы для устранения ключевых недостатков технической системы".

При этом существенно, что понятие функции используется во вполне определенном смысле[44], как триада "носитель функции - собственно функция/действие - объект функции" (Subject - Action - Object).

Опишем основные разработанные нами рекомендации по усовершенствованию ФОР.

Наиболее важным, и на первый взгляд тривиальным дополнением к существующим методам формирования запроса на проведение ФОР, является требование более подробного параметрического описания обобщенной функции. Речь идет не только и не столько о подробном описании параметрических изменений в объекте функции. Здесь возможно расширенное описание, увеличивающее поле поиска при последующем - на стадии адаптации аналога - тщательном рассмотрении ограничений, связанных с вопросами масштабирования. Исключительно важными являются ещё общеинженерные требования к "удаленному" аналогу. К их числу относятся требования:

- по производительности;
- по сходным условиям в оперативной зоне, в которой выполняется функция и по зонам, прилегающим к оперативной;
- по оперативному времени выполнения функции;
- по другим конкретным условиям(точности, воспроизводимости, контролируемости);

Иными словами, исключительна важна такая комплексная характеристика функционального аналога, как пригодность к использованию в массовом или только единичном производстве. Практикам инженерам хорошо известно - простые вещи при массовом изготовлении порождают очень не простые проблемы. Соответственно и наоборот - апробированные в массовом производстве решения не могут быть без осложнений использованы в единичном производстве или при ремонте. Например, применение ультразвука для дробления эффективно в лабораторных условиях, но не поддается масштабированию для применения в промышленных условиях.

Одно из следствий выполнения вышеописанной рекомендации по учету общеинженерных требований - сужение поля поиска. Устойчиво работающих и эффективно выполняющих определенную функцию отраслей не так уж много и они не являются столь уж экзотическими.

Например, при поиске по обобщенной функции "формировать гранулы" из минеральных удобрений можно отобрать весьма разнообразные технологические процессы типа прессования таблеток, распылительной сушки, формирования гранул в кипящем слое и пр. Но если учесть весьма жесткие требования по производительности - большинство претендентов на прототип решения отсеивается. Остается аналог, использованный в [45] - прессование комбинированных кормов в пресс - грануляторе.

Дополнительное преимущество таких уточненных параметрических поисковых образов - возможность более адекватно формулировать запросы экспертам как в базовой отрасли техники, так и в найденных ФОР "ведущих" отраслях техники.

Второе из предложенных дополнений к методике ФОР относится к разработке формата представления баз данных для ФОР. Одним из побудительных мотивов создания базы данных для проведения ФОР является практическая потребность в решении повторяющихся задач по улучшению сходного класса функций. В этом случае становится оправданным и целесообразным выделение времени для подробного определения лидирующих областей, поиска экспертов, изучения и систематизации возможных вариантов технических решений.

Например, во многих производственных процессах существенную роль играет достижение точности изделий, обрабатываемых и/или соединяемых из различных частей. Выбор лидирующей области для обобщенной функции "обрабатывать/соединять детали с высокой точностью" обосновывается следующими соображениями. Наиболее часто такие задачи возникают и решаются при разработке технологии сборочно сварочных работ. Сварка оказывает глубокое термо-деформационное воздействие на соединяемые части деталей, накоплен достаточно большой опыт выполнения сварных соединений применительно к разным типам производства различных по составу, сложности и габаритам конструкций. Трудность упорядочения мер, используемых для борьбы со сварочными деформациями и напряжениями, заключалась в выборе практически применяемых работоспособных технических ухищрений, их обобщенном функциональном описании и функциональной систематизации. Вкратце структура разработанного формата представления данных из "лидирующей" отрасли свелась к следующим основным моментам. За основу была взята одна из существующих среди специалистов - сварщиков классификация - меры снижения деформаций разделялись по признаку времени их применения в технологическом цикле изготовления конструкции:

- до сварки (стадия проектирования конструкции и подготовительные технологические меры)
- во время сварки
- после сварки

К первой группе относятся рекомендации, весьма сходные с пониманием идеальности в ТРИЗ ("лучшая сварная конструкция та, в которой нет сварных швов"). Часть рекомендаций относится к симметричному пространственному расположению сварных швов(носителей функции "деформировать материал"). Симметричность может быть реализована конструктивно или технологически, то есть сборкой несимметричных узлов в симметричные сборочные единицы. Используется также принцип предварительного скрепления для повышения сопротивления деформированию, в том числе и за счет применения коротких сварных швов, дополнительных специальных приспособлений. Во вторую группу входят меры по рассредоточению иницирующей деформации теплового воздействия в пространстве/времени или наоборот - локализации вводимой энергии в малом объёме и уменьшении времени пребывания в нагретом состоянии. Сюда же относятся меры по созданию симметричных воздействий, например, наложением дополнительных уравнивающих сварных фальш-швов. К группе послесварочных мероприятий относятся многообразные способы локального или общего воздействия - термическая обработка, обработка колебаниями, механическая правка. Классификация функциональных аналогов проводилась на уровне общих рекомендаций - по типу "расположить вызывающие деформацию факторы симметрично". В некоторых случаях приводились примеры конкретных технических решений. Важным этапом была апробация этого шаблона представления информации в практических условиях. Описанный формат представления данных применялся для решения задач снижения деформаций клеевых и паяных соединений, нанесения различных покрытий, проведения термоциклических испытаний. Опыт использования показал работоспособность предлагаемого способа построения базы данных, возможность легко получать/адаптировать серию технических решений и затем при необходимости комбинировать их. Таким образом, сужение задачи ФОР, обусловленное простыми практическими соображениями, приводит к успешному решению задачи создания локального фрагмента работоспособной базы функциональных аналогов. По мере накопления таких локальных баз вполне возможно их объединение. Добавим, что в настоящее время автором проводится сходная работа по формированию базы данных по функции "удалять загрязнения с поверхности".

Заключение по разделу 4.3.

Таким образом, для усовершенствования выполнения ФОР нами разработаны, опробованы и описаны два методических улучшения:

- уточнение параметрических требований при формулировке задания на проведение ФОР; заключающееся в формулировке дополнительных требований к масштабируемости предполагаемых прототипов технических решений
- предложение формата описания комплекса апробированных технических решений из "лидирующих" отраслей, позволяющих в компактной систематизированной форме представить лучшие решения и затем на этой основе производить комплексное или единичное заимствование технических решений.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном разделе подводятся итоги выполненной работы, обсуждаются вопросы о степени достижения поставленной цели и возможные направления продолжения исследований.

В работе выделены в качестве предмета рассмотрения технические системы, находящиеся на 3-ей стадии эволюции. Обоснован такой выбор объекта исследования прежде всего практической важностью – эти системы наиболее часто встречаются, ускорение темпов технического прогресса довольно быстро приводит ТС к этапу зрелости – особенно в случае успешного вхождения ТС на рынок. Множество инженеров и исследователей работают над усовершенствованием именно таких технических систем. Потому представляется актуальным дополнить существующий комплекс инструментов решения изобретательских задач новыми разработками, полученными на основании обобщения опыта работ по улучшению систем данного класса.

Работа проводилась в двух основных направлениях.

Первое направление работы сосредоточено на модернизации аналитических инструментов для достижения указанной цели.

Для более объективного и детального изучения эволюции технических систем впервые введены понятия о процессах роста и развития. Для возможности адекватного применения введенных понятий выделены и систематизированы признаки для распознавания и дифференциации этих двух взаимосвязанных составляющих технической эволюции. Применение такого подхода проясняет выбор локальных целей эволюции ТС и критериев оценки их достижения.

На основе изучения тенденций эволюции широкого класса технических систем выделен и сформулирован ряд новых микро-трендов, присущих многим системам на третьем этапе. Использование микро-трендов в качестве дополнения к традиционно применяемым законам развития технических систем позволяет более точно произвести постановку задач обеспечения устойчивого развития ТС, прогнозировать появление и проявление ограничений роста, выработать обоснованные рекомендации по развитию ТС и её адаптации к надсистемным требованиям.

Второе направление работы заключается в разработке инструментов для решения проблем развития и усовершенствования ТС.

Разработан алгоритм выполнения функционального синтеза ТС. Алгоритм построен на сочетании методик свертывания и функционально ориентированного информационного поиска. Получаемые при применении алгоритма формулировки неочевидных задач и технические решения приводят

к существенному повышению эффективности ТС без значительных затрат на осуществление решений.

Для решения проблемы поиска новых/дополнительных применений технических систем разработана методика, совмещающая нахождение проявлений надсистемных возможностей и учет параметрических ограничений, присущих анализируемым системам. За счет такого подхода конкретизируется область новых перспективных применений технических систем, описываемая новыми функциями и способами их выполнения, адаптированными для продуктов с устойчиво растущими рынками. Основное преимущество предлагаемой методики заключается в существенном сокращении поля поиска возможных коммерчески привлекательных новых применений ТС при гарантированной осуществимости разрабатываемых предложений.

Для повышения результативности применения функционально ориентированного информационного поиска как инструмента решения проблем разработаны рекомендации, дополняющие основной алгоритм. Одна из рекомендаций сводится к формулировке дополнительных требований при составлении поискового образа и выборе критериев отбора "лидирующих" отраслей для заимствования и преобразования идей улучшения выполнения функций. Также предложен формат компактного описания комплекса апробированных технических решений из "лидирующих" отраслей. Применение разработанных рекомендаций повышает результативность, «прицельность» поиска и обеспечивает более высокую вероятность практической реализуемости технических решений, получаемых при использовании функционально ориентированного информационного поиска.

Описанные в работе усовершенствования инструментов анализа и синтеза технических систем многократно опробованы при выполнении реальных проектов. Часть разработанных методических усовершенствований выходит за рамки первоначально сформулированной цели работы и применима и для ТС, находящихся на других стадиях технической эволюции.

Обозначенную в качестве главной цель исследования удалось достигнуть в определенной мере, которую никак нельзя классифицировать как исчерпывающую. За пределами рассмотрения остались многие вопросы обеспечения устойчивого развития технических систем за счёт самоорганизации, влияния накопленного опыта, коэволюционных механизмов, информационной составляющей техноэволюции и др. Тем не менее, определенная платформа для изучения этих важных аспектов в данной работе заложена.

Автор выражает искреннюю глубокую благодарность своим учителям в области ТРИЗ, коллегам по консультационной, преподавательской и инженерной работе, без чьей доброжелательной помощи данная работа вряд ли была бы выполнена.

6. СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. - М.:Сов. радио, 1979. С. 113-119
<http://www.altshuller.ru/triz/zrts4.asp>
- 2 Любомирский А., Литвин С.. Законы развития технических систем.
<http://www.metodolog.ru/00767/00767.html>
- 3 Альтшуллер Г.С. Поиск новых идей: от озарения к технологии: (Теория и практика решения изобретательских задач). /Г.С.Альтшуллер, Б.Л. Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филатов. - Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1989.- 382 с.
- 4 Гараедаги Д. Системное мышление. Как управлять хаосом и сложными процессами. Платформа для моделирования архитектуры бизнеса. Гревцов Паблишер, 2007 г. , 475 стр.
- 5 Zlotin B., Zusman A., Smith L.R. Futuring the Next Industrial Revolution, 2002
www.emotionreports.com/downloads/pdfs/Futuring.pdf
- 6 Г. С. Альшуллер, М.С. Рубин Что будет после окончательной победы. Восемь мыслей о природе и технике. Шанс на приключение. - Петрозаводск: Карелия. 1991 с.225-236 <http://www.trizminsk.org/c/141001.htm>
- 7 Злотин Б., Зусман А., Что делать? Доклад на ТРИЗ Саммите 2006
<http://www.metodolog.ru/00833/00833.html>
- 8 Zlotin B., Zusman A. Instruments for Designing Consummate Systems.
<http://www.triz-journal.com/archives/2008/04/03/>
- 9 Zlotin B., Zusman A. Case Study: Consummate System for Valve Travel Stop.
<http://www.triz-journal.com/archives/2008/05/04/>
- 10 Ikoenko S: Further Development of the Trends of Evolution – Trend of Sustainability Increase. Цитируется по
<http://www.aitriz.org/ai/index.php?page=2008/trizcon2008&article=abstracts>
- 11 Смирнов Е.Е. Новое представление системы ЗРТС. Ресурсный подход. 2007
<http://www.metodolog.ru/01121/01121.html>
<http://ratriz.ru/doc/Statyi/Razvitie%20TRIZ/SmirnovEE-ZRTSnev.doc>
- 12 Khomenko N.N. Classical TRIZ and OTSM as an applied scientific theories (presentation) www.jlproj.org/this_bibl_e/ETRIA07-Kh-st.pdf
- 13 Khomenko N.N., Mansour Ashtiani Classical TRIZ and OTSM as a scientific theoretical background for non-typical problem solving instruments.
http://www.jlproj.org/this_bibl_e/ETRIA07Kh-p.pdf
- 14 Khomenko N.N. ARIZ-85C and OTSM contradiction technology. Tutorial for participants of the conference ETRIA TRIZ-Future 2007 (presentation)
- 15 <http://www.ideationtriz.com/>

- 16 Пиняев А.М. Метод анализа и решения изобретательских задач с применением причинно-следственного анализа и Функциональных Подсказок. Автореферат диссертации на соискание звания ТРИЗ-Мастер , июль 2007г.
www.matriz.ru/4spec/4-1-4/pinyaev-autoref.doc
- 17 Пиняев А. М. Тревожный чемоданчик изобретателя. Журнал ТРИЗ, 1995, выпуск 1, стр. 30 – 33.
- 18 В.Петров. Обобщенные модели решения изобретательских задач. <http://triz-summit.ru/ru/section.php?docId=3896>
- 19 Moore, Geoffrey A. Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers (1991, revised 1999). Перевод: Джеффри А. Мур. Преодоление пропасти. Маркетинг и продажа хайтек-товаров массовому потребителю. Издательство: Вильямс, 2006 г. 368 стр. исправленное и переработанное издание.
- 20 В.Петров. Практический АРИЗ.
<http://triz-summit.ru/file.php/id/f3970/name/Practical%20ARIZ.doc>
- 21 Певзнер Л.Х. «Концепция создания микро-стандартов для алгоритма решения задач на ЭВМ», «Журнал ТРИЗ» 1990-2
- 22 Belski I. Improve Your Thinking: Substance-Field Analysis, TRIZ4U, Melbourne. 2007 186 p.
- 23 О`Коннор Дж. Искусство системного мышления. Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем. М.:Альпина Бизнес Букс, 2006. 256с.
- 24 Zlotin B., Zusman A., Smith L.R. Futuring the Next Industrial Revolution, 2002
www.emotionreports.com/downloads/pdfs/Futuring.pdf
- 25 Г. С. Альшуллер, М.С. Рубин Что будет после окончательной победы. Восемь мыслей о природе и технике. Шанс на приключение. - Петрозаводск: Карелия. 1991 с.225-236 <http://www.trizminsk.org/c/141001.htm>
- 26 Schroeder M. R. Fractals, Chaos, Power Laws: Minutes from an Infinite Paradise. W H Freeman & Co (Sd), 1991, 429 pages
- 27 Koch R. The Natural Laws of Business: How to Harness the Power of Evolution, Physics, and Economics to Achieve Business Success. Currency , 2001, 288 pages
- 28 Hill S. Sixty Trends in Sixty Minutes; John Willey&Sons, Inc., 2002.
- 29 News.Battery.Ru - Аккумулятор Новостей, 29.10.2001
http://news.battery.ru/theme/science/?from_m=theme&from_t=science&from_n=58958&newsId=58945
http://news.battery.ru/theme/science/?from_m=theme&from_t=science&from_n=58958&newsId=58945
- 30 Акофф Р.Л. Акофф о менеджменте Серия "Теория и практика менеджмента"/ Пер. а с англ. Под ред. Л.А Волковой - СПб.; Питер, 2002, стр.62-63,87-89,420-421

- 31 Feyngenson N. S - curve - characteristic properties of third stage of system evolution. TRIZ Journal №1(14), June 2005, pp.55 - 59 (in Russian and in English)
- 32 источники данных http://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_rail :
<http://www.jstor.org/pss/3159703> ;
- 33 Шульц В. В. Форма естественного износа деталей машин и инструмента. Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. - 206 с
- 34 Петухов П. Ноутбуки HP – секреты лидера рынка.
<http://www.computerra.ru/focus/350776/>
- 35 Скулачев В.П Стратегии эволюции и кислород , Природа, № 1000 Декабрь 1998 г. .
<http://vivovoco.rsl.ru/VV/PAPERS/NATURE/SKUL.HTM>
- 36 из выступления С.Литвина на ТРИЗ конференции, Миас, 1988 г. Цитируется по <http://www.trizminsk.org/e/2000129.htm>
- 37 Feyngenson N. Function Synthesis: New Methodological Tool and Case Studies. ETRIA TRIZ Future Conference 2006: Creativity, quality and efficiency building an innovation culture, Kortrijk, Belgium; October 9-11; 2006; pp.111-117
- 38 Пиняев А. Методика поиска функциональных аналогов // В сб. Инновационная технология проектирования - сегодня и завтра. - СПб, 1999, с.121-122.
- 39 Любомирский А. Функционально-морфологический анализ. Методические рекомендации. - Submitted to Algorithm By Gen 3 Partners, Inc., 2003.
- 40 Любомирский А. Методика инверсного ФСА. - Рукопись, 1996.
- 41 Кислов А. В., Новиков И.А., Ильичев А.Б. Алгоритм расширения функций ТС для прогнозирования и создания новых товаров. Труды MATRIZ Fest 2006 ; 16-18 октября 2006
- 42 Фейнгенсон, Н. Функционально ориентированный информационный поиск - история, возможности и ограничения, предложения по улучшению результативности. Материалы к саммиту разработчиков ТРИЗ 2008. (в печати)
- 43 Innovative Technology of Design™ Методический справочник 1998 г. Цитируется по <http://www.metodolog.ru/00832/00832.html>
- 44 Основные положения методики проведения функционально -стоимостного анализа: Методические рекомендации. -М.: Информ-ФСА,1991.-40с. Авт. Герасимов В.М., Калиш В.С.,Литвин С.С. и др.
- 45 Способ получения гранулированного многокомпонентного удобрения. Патент РФ № 2226124 МПК 7 B01J2/20, C05G1/00 приоритет 2001.10.24, публик. 2003.07.27.