Из книги А.В. Кислова «Алгоритмы мышления на основе ТРИЗ»

Глава 2

ОСНОВЫ ТЕОРИИ решения изобретательских задач

Содержание главы 2

Введение
Раздел 2.1. Постулаты и подходы ТРИЗ
Раздел 2.2. Модели отражения действительности
Раздел 2.3. Принципы эффективного мышления
Раздел 2.4. Закономерности развития функциональных систем
Раздел 2.5. Понятийная база ТРИЗ.
Приложение. Используемые понятия, термины и определения.

Введение.

Современная ТРИЗ сложилась в результате огромного объёма научных исследований и проверок на практике каждого получаемого результата. При этом с самого начала были определены объект изучения и предмет исследования:

Объект изучения	Технические устройства и процессы, рассматриваемые как системы с определённым назначением
Предмет исследования	Объективные закономерности их развития, обобщённые особенности

Предпосылкой будущей теории была вполне обоснованная гипотеза о том, что рукотворные объекты, подобно природным, в процессе их применения и совершенствования изменяются не произвольным образом (по прихоти их творцов). В этих изменениях присутствуют объективные закономерности, которые можно выявить. А зная эти закономерности, развивать объекты техники можно более целенаправленно и эффективно.[1]

Исходная гипотеза о закономерном развитии рукотворных объектов первоначально была принята как постулат,[2] что позволило выстроить методику исследований. Впоследствии указанная гипотеза находила всё большее подтверждение по мере выявления конкретных закономерностей развития систем. Этот процесс продолжается и сегодня. Однако для дальнейшего развития теории оказалось целесообразным расширить ряд постулатов, б***о***льшая часть которых представляется очевидной без доказательств. Были выработаны определённые подходы к рассмотрению объектов совершенствования и широкий ряд инструментов мышления. Всё это и сложилось в теорию.

---

[1] **Для справки**

Наука – сфера человеческой деятельности, функция которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности.

Теория – система основных идей в той или иной отрасли знания; форма научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных связях действительности. *Гипотеза* – предположительное суждение о закономерной (причинной) связи явлений. [БЭС. – М.: 2002]

Объект изучения в науке – заданная область действительности.

Предмет исследования в науке – значимые особенности, а также закономерности развития и функционирования изучаемого объекта, выделяемые путём теоретического абстрагирования.

[2] *Постулат* – утверждение, принимаемое в рамках научной теории за истинное, хотя и недоказуемое её средствами. [БЭС. – М.: 2002]

Раздел 2.1
Постулаты и подходы ТРИЗ

2.1.1. Постулаты

(расширенные по итогам 70-летнего развития ТРИЗ)

Основной областью изучения ТРИЗ являются рукотворные объекты (устройства и процессы), которые имеют известное назначение и применяются по этому назначению.

Рассматривая эти объекты, ТРИЗ предполагает, что:

1) Рукотворные объекты, как и живые[3] природные, имеют тенденцию к развитию.
2) Направленность развития соответствует объективным закономерностям, которые для рукотворных и живых природных объектов частично совпадают.
3) Развитие осуществляется за счет внутренних и внешних ресурсов.
4) Развитие может происходить плавно и скачками.
5) Процесс развития объектов порождает внутренние и внешние конфликты, тормозящие это развитие.
6) Преодоление очередного конфликта ведет к скачку в развитии.
7) Скачок высвобождает скрытые резервы и может порождать дополнительные скачки развития (сверхэффекты).

---

[3] *Живое* – способное развиваться и плодить себе подобных с некоторой вариативностью характеристик. Это принятое нами рабочее определение указывает, между прочим, на предстоящую человечеству необходимость разрешения юридического казуса: считать ли живым растущего, умнеющего и самовоспроизводящегося биоробота?

Не менее, чем постулаты, важны вытекающие из них следствия.

Следствия
из перечисленных постулатов

a. Ход развития рукотворных объектов является объективной реальностью и может быть теоретически исследован
b. Познавая объективные закономерности развития, можно выработать рекомендации, повышающие эффективность совершенствования рукотворных объектов
c. Процесс совершенствования рукотворных объектов может быть алгоритмизирован
d. Развитие рукотворных объектов можно ускорять, используя алгоритмы и вскрывая ресурсы развития
e. Творчество, изобретательство не являются уделом избранных; этому можно научиться.

2.1.2. Подходы
к рассмотрению объектов творчества

Творческая проблематика весьма разнообразна. Простой бытовой фен и сложный металлообрабатывающий станок, процесс причёсывания и процесс производства ледоколов, передача художественного замысла и выживание на необитаемом острове, вопросы воспитания и политические тупики… Изобретательские задачи могут возникать в самых неожиданных ситуациях. Какой подход нужен в каждой из них? Если в каждом случае – свой, то сколько же нужно таких подходов?! А если один универсальный, то как найти способ объять необъятное? Ведь ни одна научная дисциплина, кроме языковедения и математики, такой универсальности не требует. Формулы взаимосвязи физических величин не помогут понять суть химических

реакций, а уравнения химических взаимодействий не объяснят принцип действия простой линзы. Каждая наука решает задачи в своей области знаний. Объединения подходов разных наук (физическая химия, биоэлектроника, синергетика и пр.) расширяют возможности, но всё равно не обеспечивают универсальности. А изобретательские задачи нужно решать в областях знаний любых наук.

ТРИЗ обеспечивает необходимую универсальность путём применения нескольких основных подходов (табл. 2.1).

Табл. 2.1. Подходы ТРИЗ.

	ПОДХОД	ЦЕЛЬ
1	**Системный**	Раскрыть структуру объекта, представив его как совокупность взаимосвязанных частей
2	**Функциональный**	Выявить или уточнить назначение объекта, вскрыть сущность взаимосвязей между его частями и понять, какие изменения с этим связаны
3	**Диалектический**[4]	Выявить ход и логику развития объекта
4	**Семантический**[5]	Дать чёткое словесно-образное представление о связанной с объектом проблематике и конкретных путях её преодоления
5	**Психологический**	Настроить психику на непредвзятое рассмотрение объекта и готовность к неожиданным выводам

Таким образом, благодаря совокупности названных подходов ТРИЗ опирается на фундаментальные, основополагающие

[4] Диалектика – часть философии, связанная с познанием действительности в процессе развития.

[5] Семантика – часть языкознания, определяющая смысл языковых конструкций и порядок действий (алгоритм), установленный конкретным текстом.

свойства нашего мира и феномен его отражения в нашем сознании с учетом особенностей нашего мировосприятия. Именно этим обеспечивается высокая универсальность методов творчества на базе ТРИЗ.

Однако помимо универсальности любые достойные методы имеют свою специфику, которая их отличает от других методов. А специфичность методов на базе ТРИЗ обеспечивается определёнными сочетаниями указанных подходов. Каждое сочетание формирует определенный взгляд на мир, а именно:

- ***Системно-функциональный***

Предполагает, что любой объект, для которого можно выделить его назначение (функцию), может рассматриваться как такая совокупность (система) частей, которая обеспечивает возникновение выделенной функции. Каждая часть имеет свои функции, способствующие или мешающие объекту выполнять его назначение. Совершенствование любого объекта без ориентира на выделенное назначение не имеет смысла. Назначение любой системы всегда находится вне этой системы. Рассмотрение по определенным правилам совокупности функций (как полезных, так и вредных для поставленной цели) помогает глубже осмыслить роль объекта, увидеть его недостатки, выделить из них ведущие и выбрать направление совершенствования.

- ***Системно-диалектический***

Предполагает, что функционирующие системы развиваются в соответствии с объективными закономерностями в сторону совершенствования своих функций. Одновременно развиваются элементы систем, а также структуры, образуемые самими системами, влияя на развитие друг друга.

- ***Семантико-психологический***

Предполагает, что конфликты, мешающие развитию систем, условия их преодоления и широкий ряд ситуаций, связанных с творческой проблематикой, могут быть выражены с помощью словесных формул, которые могут сопровождаться простыми и понятными образами. Эти формулировки и образы, помогая

осознанию смысла и направленности развития, способствуют изобретательской работе, необходимой для совершенствования систем. Назначение словесных формул и образов состоит в изменении взгляда на рассматриваемую (в том числе – изобретательскую) ситуацию.[6] Это изменение вызывает скачок в осознании сущности проблемы и возможных путей её решения.

Описанные подходы в сумме реализованы в комплексе универсальных моделей (см. ниже) и принципов эффективного мышления (см. след. раздел). Модели призваны доступно для всех желающих, просто и наглядно отображать то, что требует углублённого понимания. А принципы мышления обеспечивают построение и преобразование этих моделей для решения проблем исследовательского, изобретательского или ситуационного характера.

Раздел 2.2

Модели отражения действительности

ТРИЗ, как и любая теория, имеет дело не с самим предметом изучения, а с его моделями. Задача моделей – отобразить важные для исследователя/изобретателя свойства изучаемой действительности. Модели способствуют пониманию сущности процесса, устройства, ситуации, принципа действия, помогают осознанию проблемы и пути её решения. Наш мозг не способен разобраться в чём-либо каким-то иным способом, кроме создания нейронных структур, отражающих интересующие человека

[6] Способность к изменению взгляда определяется гибкостью психики. Обеспечить такую гибкость помогает множество не входящих в теорию методов управления воображением.

стороны действительности; или, что то же самое, построения нейронных моделей.

Осознать, понять – значит построить модель.

Понять адекватно ситуации – значит построить модель, адекватную этой ситуации. Соответственно разработанные в ТРИЗ методы моделирования должны быть адекватны ситуациям, возникающим при решении творческих задач. Разумеется, в первую очередь речь идёт о технических задачах – согласно исходному предназначению ТРИЗ, а в идеале – независимо от того, к какой области творчества эти задачи относятся.

Отсюда следуют наиболее общие требования к моделям:

- Простота построения, доступная не только представителям любых профессий, но и учащимся – вплоть до начальной школы.[7]
- Независимость от того, каким языком владеет и на каком языке думает человек.
- Возможность наглядного отображения сущности предельно широкого круга объектов.
- Эффективность в отображении специфики моделируемых объектов. Она требуется для быстрого понимания тех сторон их сущности, которые необходимы и достаточны при решении разнообразных творческих задач. При этом несущественные в этих задачах, второстепенные стороны не должны усложнять моделирование и мешать работе.

Как видно из этих требований, модели должны быть не только простыми и наглядными, но одновременно обладать универсальностью и специфичностью. Такие противоречивые

[7] Именно в этом возрасте (6-8 лет) творческие, в том числе – изобретательские способности развиваются наиболее активно при соответствующем обучении (и столь же активно гибнут – при несоответствующем).

свойства обеспечиваются благодаря опоре на рассмотренные выше подходы, которые и обладают нужными свойствами:

- На базе системного и функционального подходов строятся основные модели объектов реальности – функциональная система как инструмент, выполняющий предписанное назначение, и модель состава объекта, включающая обобщённый набор функционалов, необходимых для реализации этого назначения (источник энергии, орган управления и др.). Моделируется также многоуровневость структуры объекта, то есть составные части системы и элементы этих частей, а также то, куда сама система входит как часть.
- На базе системного и диалектического подходов строятся модели, отражающие наиболее значимые этапы, которые система, а также части многоуровневой структуры претерпевают в соответствии с объективными закономерностями развития систем в процессе их совершенствования.
- На базе функционального и семантического подходов моделируются изменения взаимодействующих объектов. Для этого при анализе и синтезе систем любые взаимодействия (как внутренние – между компонентами системы, так и внешние – между компонентами системы и другими объектами), разделяют на однонаправленные элементарные изменения конкретных свойств. Таким способом осуществляют детализацию сложных взаимодействий, и происходящее в системе оценивают по совокупности элементарных изменений.
- На базе семантического и психологического подходов строятся словесно-образные модели так называемых изобретательских ситуаций, то есть таких проблемных ситуаций, которые неразрешимы или трудноразрешимы без выхода на необычные идеи. Модели отображают

существующее и желаемое положение дел и помогают осознать, как перейти к желаемому. Для этого существуют пять следующих способов, отработанных в процессе создания ТРИЗ и технологий на её основе.

- В первом способе изобретательская задача заменяется особым образом сформулированной поисковой задачей, что позволяет найти готовое решение, уже применяемое в другой, часто весьма далёкой области деятельности.
- Во втором способе с помощью моделей осуществляют переход от обыденных к нетрадиционным, кажущимся сначала нереальными, парадоксальным представлениям о рассматриваемой проблемной ситуации. Это способствует активизации работы мозга (вплоть до входа в транс) и получению оригинальных идей решения проблемы.
- В третьем способе словесная модель ситуации, сформулированная в виде противоречия, служит для типизации противоречий и выхода на конкретные приёмы устранения противоречий выделенного типа.
- В четвёртом способе образная модель ситуации служит для выхода на конкретный «стандартный» путь решения изобретательской задачи – при условии, что задачи подобного рода в мировой практике уже многократно решались.
- В пятом способе требуемый результат достигается за счёт применения различного рода эффектов[8] – физических, химических, технических, социальных и др. Зная имеющееся исходное и требуемое конечное свойство либо действие, можно подобрать эффект или цепочку

[8] Эффект – это реакция на воздействие.

эффектов для обеспечения перехода от исходного состояния к конечному.

Основные модели, принятые в ТРИЗ

2.2.1. СИСТЕМА

как модель объекта

Под *системой* понимается такая ограниченная совокупность взаимодействующих компонентов, которая проявляет свойства, отсутствующие у любого компонента этой совокупности.

Произвольно разбросанные цифры или буквы не представляют собой ничего, кроме этих цифр и букв. Но сложенные в определённую последовательность превращаются в число или слово (рис. 2.1).

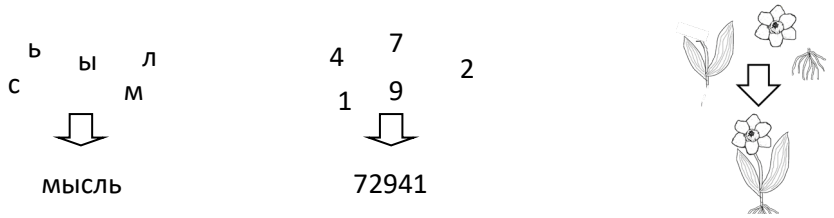


Рис. 2.1. Примеры образования систем из отдельных компонентов.

При этом значение компонентов изменяется: например, девятка с учётом её положения в числе теперь означает уже не девять единиц, а девять сотен. Аналогично части цветка сами по себе не способны размножаться в отличие от цветка в целом.

Итак:

Система – это совокупность, порождающая свойства.

Важное замечание

То, что мы привыкли называть системами, наблюдая за сложными объектами окружающего нас мира и рассуждая об их

системных свойствах, и то, что мы отображаем на модельном уровне, тоже называя системами, – далеко не одно и то же. Любая модель – всего лишь удобная для анализа абстракция, а объективный мир неизмеримо сложнее. Мысленное разделение объекта на взаимосвязанные части – лишь условность, количество реальных частей и связей между ними – бесконечно.[9] Но говорить «модель системы» не имеет смысла: как только мы попытаемся ответить на вопрос «какой именно системы», мы перейдём к разговору о какой-либо абстракции. Это относится и к вопросу взаимодействия компонентов. Например, компоненты цветка на рис. 2.1 взаимодействуют в реальном мире, а компоненты числа и слова – только у нас в головах.

Поэтому приходится признать:

объекты реального мира обладают системными свойствами, а любые выделенные нами системы являются моделями.[10]

2.2.2. ФУНКЦИЯ

как модель изменения одного объекта другим

Под функцией в ТРИЗ понимается описание такого изменения объекта под воздействием другого объекта, которое может быть охарактеризовано конкретным параметром.

Изменяемый объект называют *изделием*, а изменяющий – *инструментом*. Таким образом, полное описание функции включает три элемента: *инструмент*, *изделие* и связывающее их *действие* (рис. 2.2).

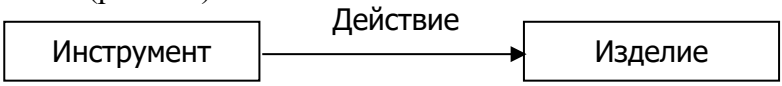


Рис. 2.2. Типовое изображение функции.

---

[9] «Электрон так же неисчерпаем, как и атом» (В.И.Ленин. Материализм и эмпириокритицизм).

[10] Подробней об этом см. в подразделе 3.3.1 «Загадки системного синтеза».

По сравнению с привычным, бытовым языком функциональный язык отличается строгостью, конкретностью формулировок (табл. 2.2), вырабатывая тем самым особый стиль мышления.

Табл. 2.2. Примеры формулировки функций.

№ п/п	Ф У Н К Ц И Я			Параметр (пояснение)
	Инструмент	**Действие**	**Изделие**	
1.	~~Топор~~	~~рубит~~	~~дрова~~	? (бытовой язык)
2.	Топор	разделяет	полено	Число частей
3.	~~Ножницы~~	~~режут~~	~~бумагу~~	? (бытовой язык)
4.	Ножницы	разделяют	лист	Число частей
5.	~~Шкаф~~	~~давит~~	~~на пол~~	? (бытовой язык)
6.	Шкаф	деформирует	пол	К.-т деформации
7.	~~Молоток~~	~~забивает~~	~~гвоздь~~	? (бытовой язык)
8.	Молоток	перемещает	гвоздь	Длина перемещ.
9.	~~Рабочий~~	~~установил~~	~~деталь~~	? (бытовой язык)
10.	Рабочий	позициони-ровал	деталь	Пространственные координаты

В табл. 2.2 нечётные примеры отражают некорректные формулировки, которыми изобилует наш бытовой язык. В отличие от них, чётные формулировки показывают, что именно происходит в результате воздействия одного объекта на другой.

Окружающая нас действительность «кишит» взаимодействиями. Достаточно, например, взять в руку книгу, как между ними возникнет целый ряд взаимодействий. Они связаны с теплопереносом (температура руки и книги – разная), с влагообменом (рука может быть влажной), с обменом микроорганизмами и веществами (на книге и на коже находятся микробы, бактерии, да и просто загрязнения), с деформацией книги и кожи, с напряжением мышц (книгу надо удерживать) и т.д. Обилие взаимодействий и вызванных ими изменений затрудняет анализ работы различных устройств и процессов технического, природного, тем более – социального характера.

Выделение отдельных функций, каждая из которых «отвечает» только за одно конкретное изменение, резко облегчает работу: гораздо легче исключить из внимания всё несущественное и рассматривать изменения, значимые для данного анализа.

Совокупное взаимодействие можно сравнить с оркестром. Но целостная композиция складывается из игры отдельных инструментов. У каждого исполнителя – своя партитура. Комплект партитур представляет собой декомпозицию (разложение на составляющие) музыкального произведения. Аналогично в программировании отдельные команды являются декомпозицией компьютерной программы. Поэтому можно сказать:

Существо взаимодействия отражает его функциональная декомпозиция, где элементами декомпозиции служат отдельные функции.

Поскольку любое взаимодействие двунаправлено, отражающие его функции можно условно разделить на *прямые* и *обратные*, при которых изделие и инструмент меняются местами. При этом часть функций (иногда – значительная) могут оказаться *вредными* (табл. 2.3).

Табл. 2.3. Пример функциональной декомпозиции.

№ п/п	Ф У Н К Ц И Я			Примечания
	Инструмент	**Действие**	**Изделие**	
1.	Топор	разделяет	полено	
2.	Полено	тормозит	топор	Вредная функция
3.	Полено	тупит	топор	Вредная функция
4.	Полено	отклоняет	топор	Вредная функция

Функция может отражать любое изменение объекта-*изделия*, производимое как рукотворным, так и природным объектом-*инструментом*. Если функция отражает изменение, для которого объект создан, её называют главной. Итак:

Главная функция – это модель назначения инструмента.

2.2.3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА
как модель объекта с известной или заданной главной функцией

Поскольку ТРИЗ разрабатывалась изначально для повышения эффективности совершенствования техники, основным объектом рассмотрения были технические системы. Они моделировали рукотворные объекты, которые всегда создаются для выполнения конкретной заданной функции. С выходом ТРИЗ за пределы техники объектами рассмотрения стали любые системы, для которых может быть задана функция. Такие системы мы будем называть функциональными (рис. 2.3).

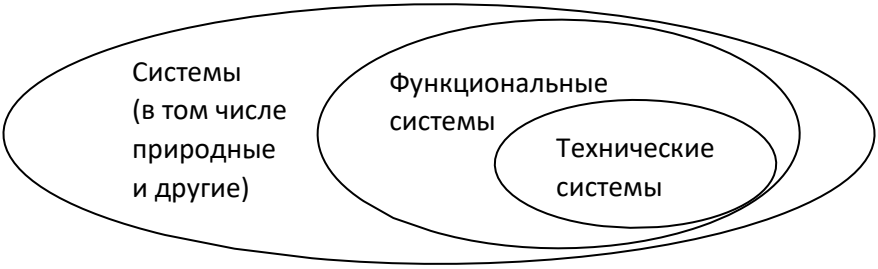


**Рис. 2.3. Отношения между множествами:
технические системы – подмножество функциональных;
функциональные системы – подмножество систем.**

Под *функциональной системой* понимается ограниченная совокупность взаимодействующих компонентов, способная выполнять функции, которые самостоятельно не может выполнить ни один компонент этой совокупности.

Или короче:

Функциональная система (далее ФС) – это совокупность, порождающая функции.

Функцию, для которой предназначена рассматриваемая ФС, называют *главной полезной функцией*, или просто *главной функцией (ГФ)*.

Очевидна близость понятий *инструмент* и *ФС*. Отличие – в способе рассмотрения. Говоря об инструменте, не

подразумевают его детализации. А говоря об ФС, во-первых, имеют в виду наличие у неё определённой структуры. И, во-вторых, подразумевают, что сама ФС – часть некой структуры. Таким образом, любая *ФС* является *инструментом* воздействия на внешний по отношению к ней объект. А любой *инструмент* можно рассматривать как *ФС*.

Обобщённая модель состава ФС

Любое изменение, которое ФС производит с внешним объектом, требует затрат энергии. Поэтому для того, чтобы ФС могла выполнить своё назначение, ей требуются как минимум *источник энергии*, а также орган, непосредственно воздействующий на изменяемый объект (*рабочий орган*). Однако вид энергии источника и требуемый рабочему органу вид энергии могут не совпадать (например, имеется химическая энергия, а нужна механическая). В этом случае необходим *преобразователь*. Для доставки энергии от него к рабочему органу может потребоваться *трансмиссия*. А для согласования режима работы всех этих частей ФС в общем случае нужен *орган управления* (рис. 2.4).

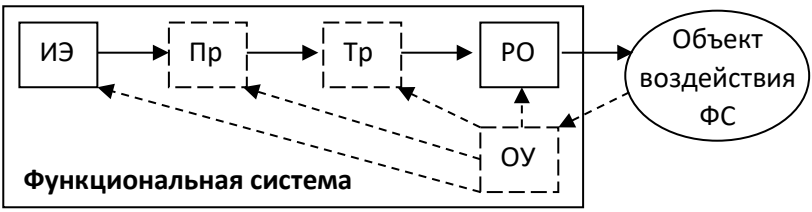


Рис. 2.4. Обобщённый состав функциональной системы:
ИЭ – источник энергии; Пр – преобразователь; Тр – трансмиссия; РО – рабочий орган; ОУ – орган управления.

Для получения минимальных представлений об объекте рассмотрения путём его системного моделирования следует (табл. 2.4):

- Выбрать объект
- Описать его известное или предполагаемое назначение

- Определить (выявить или задать) его главную функцию (ГФ). При задании ГФ осуществляется переход от объекта к его модели – функциональной системе
- Определить рабочий орган (РО). Действие рабочего органа должно быть направлено непосредственно на объект изменения (*изделие*), указанный главной функцией, и должно совпадать с действием главной функции ФС.
- Определить источник энергии (ИЭ).

Функциональная система начинается с источника энергии и заканчивается рабочим органом. Следовательно, определением ИЭ и РО задаются границы ФС.

Табл. 2.4. Представление объектов в качестве функциональных систем

№ п/п	Объект	Назначение объекта	ГФ объекта как системы	Границы ФС	
				РО	ИЭ
1	Лук	Средство поражения мишени	Лук дырявит мишень	стрела	натянутая тетива
2	Лучник	Средство поражения мишени	Лучник дырявит мишень	стрела	человек
3	Лук	Средство выпускания стрелы	Лук толкает стрелу	тетива	древко
4	Лучник	Средство выпускания стрелы	Лучник направляет стрелу	тетива	человек

Свойства функциональных систем

1. *Границы ФС зависят от её назначения и задаются главной функцией.*

Это очевидно из табл. 2.4: при смене главной функции может изменяться как необходимый для её реализации рабочий орган, так и требуемый для него источник энергии. Отсюда непосредственно вытекает следующее свойство.

2. *ФС как модель объекта возникает в момент задания её главной функции.*

   Она возникает в голове человека, поскольку, как уже отмечалось выше, в окружающем нас мире существуют не системы, а объекты.

   Из двух указанных свойств следует третье.

3. *Состав ФС (ИЭ, Пр, Тр, ОУ, РО) определяется её назначением.*

   Этот состав оказывается в значительной мере предопределён источником энергии в совокупности с рабочим органом, а также необходимостью управления работой ФС (включением – выключением, синхронизацией частей, уровнем их активности и т.д.).

4. *Физическая природа частей ФС может быть любой.*

   Это зависит от ресурсов, позволяющих удовлетворить имеющуюся потребность. Например, ФС для удержания человека в сидячем положении может быть реализована в виде кресла, в виде пластмассового стула, в виде поваленного дерева или камня. А ФС для нагрева воды может использовать дрова, уголь, газ, электричество, электромагнитное поле и либо целиком состоять из непереработанных природных ресурсов, либо частично, либо содержать только рукотворные части.

5. *Свойства частей ФС зависят от требований к ней.*

   ФС для оповещения удалённого наблюдателя с помощью костра ночью потребует сухих дров, а днём при ярком свете солнца – сырых. ФС для удаления влаги из мокрой ткани в зависимости от ресурса времени должна будет иметь совершенно разные физико-химические свойства

(воду можно удалить отжиманием, с помощью центрифуги, тёплым воздухом, растворением в спирте…). Перечисленные особенности функциональных систем проявляются в следующем обобщающем свойстве.

6. *Состав и границы ФС в общем случае не совпадают с составом и границами моделируемого объекта*.
   Вентилятор и пылесос как предметы быта, купленные в магазине, начинаются от электрической вилки и заканчиваются соответственно крыльчаткой и пылесосущей насадкой. Вентилятор и пылесос, рассматриваемые как ФС, начинаются от электрической розетки (ИЭ) и заканчиваются воздушным потоком (РО).

Вывод

Перечисленные свойства убедительно демонстрируют, что (как уже было отмечено выше) любые функциональные системы – некие абстракции, модели, отражающие наши представления о действительности, а не сама действительность. А значит, существуют *лишь в нашем воображении,* хотя мы, не задумываясь, часто ради удобства называем системами реальные объекты.

2.2.4. СИСТЕМНАЯ ВЕРТИКАЛЬ
как модель структурной иерархии объекта

Помимо условного деления на обобщённые части (см. выше рис. 2.4), ФС может быть представлена как совокупность компонентов, выделенных по конструктивному, блочному, узловому, территориальному, организационному, ведомственному или другому признаку, удобному в конкретном рассмотрении. Однако в любом случае должна существовать значимая функциональная связь:

- между любым выделенным компонентом и хотя бы одним другим компонентом;

- между хотя бы одним компонентом и внешней по отношению к функциональной системе средой.

Оба условия непосредственно следуют из определения ФС как такой совокупности взаимодействующих компонентов, которая порождает хотя бы одну функцию. Если первое условие для какого-либо компонента не выполнено, значит он не принадлежит к данной ФС в силу отсутствия взаимодействия с её компонентами. Если не выполнено второе условие, значит рассматриваемая система не является функциональной, поскольку не выполняет действия, направленного вовне, то есть никак не влияет на внешнюю среду.

Рассматривая, например, стоящий в кухне стол как ФС для удержания столовой посуды, можно в качестве компонентов выделить столешницу и ножки. Значимая функциональная связь между ними определяется функцией «ножки удерживают столешницу», а связь с внешней средой – функциями «столешница удерживает посуду» и «пол удерживает ножки». При этом приклеенная когда-то к столу ценовая этикетка, которую забыли удалить, не имеет значимой функциональной связи ни со столом, ни с внешней средой, и к указанной ФС не относится. Иное дело в магазине, где функции «стол удерживает этикетку» и «этикетка информирует покупателя» явно имеют значимые роли. Здесь этикетка может рассматриваться как часть ФС, выполняющей сходную функцию «стол информирует покупателя».

При анализе структуры ФС её компоненты называют подсистемами. Тем самым подчеркивается их функциональная подчинённость системе. Таким образом:

Подсистема (ПС) – это часть ФС, способствующая выполнению её главной функции.

В свою очередь, любая ПС также может рассматриваться как совокупность компонентов (подподсистем – ППС), способствующих выполнению функций ПС. Например, в столешнице в качестве ППС могут быть выделены её половинки (если она сборная) и крепёж. Структуризация подсистем (ПППС,

ПППС) в принципе может быть продолжена до бесконечности, обычно же ограничивается уровнем, на котором необходимо проследить функциональные связи.

Функциональная система, по мере её использования и развития, сама становится частью структуры более высокого уровня. Такую структуру по отношению к ФС называют надсистемой:

Надсистема (НС) – это часть структуры, внутри которой рассматриваемая ФС играет значимую роль в реализации назначения НС путём выполнения собственных функций.

Аналогично подсистемам, возможно рассмотрение надсистем разного иерархического уровня (ННС, НННС и т.д.).

Объединение ФС, её подсистем и её надсистем в единую структуру даёт системно-функциональную вертикаль (рис. 2.5).

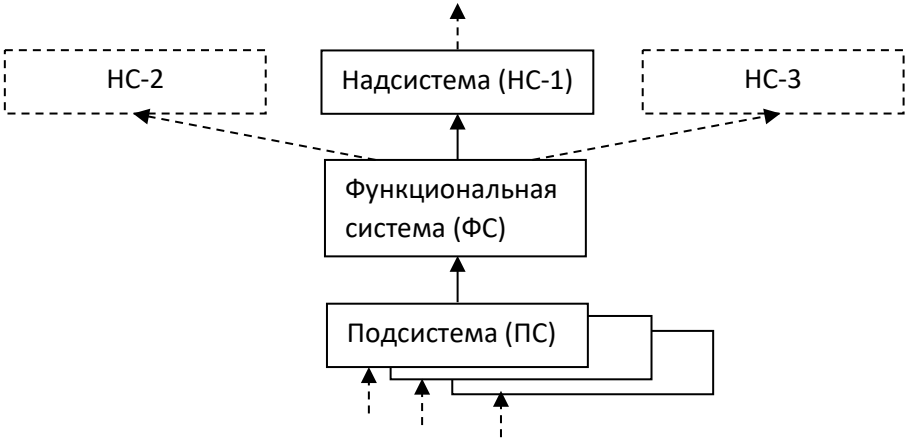


Рис. 2.5. Системно-функциональная вертикаль.
Стрелки указывают направленность назначения систем.

Системная вертикаль (СВ), или точнее – системно-функциональная вертикаль – это обобщённая модель функциональной структуры объекта.

В зависимости от задач анализа структуры СВ может включать два (ФС, ПС или ФС, НС), три (ФС, ПС, НС или ФС, ПС, ППС или ФС, НС, ННС) и более уровней иерархии.

В процессе анализа система любого уровня может стать главным объектом внимания. В этом случае верхние относительно неё уровни иерархии будут рассматриваться как надсистемные, а нижние – как подсистемные.

Для построения системной-функциональной (кратко – системной) вертикали требуются следующие шаги.

1. *Выбрать объект.*
2. *Сформулировать его главную функцию, тем самым переходя к рассмотрению ФС как модели объекта.*
3. *Определить надсистему, к которой относится данная ФС.*
4. *Перечислить основные подсистемы, значимые при данном рассмотрении..*

Перечень подсистем должен быть полным, но кратким. Это значит, что малозначимые детали могут быть отнесены к под-подсистемному уровню, т.е. включены в состав той или иной подсистемы. Нет смысла, например, поднимать элементы крепежа на уровень подсистем стола, а детали электродвигателя – на уровень подсистем вентилятора или пылесоса.

Системно-функциональная вертикаль может служить моделью как материальных (станок, техпроцесс), так и нематериальных (текст, компьютерная программа), как рукотворных (производственных, организационно-технических, социальных и пр.), так и природных объектов.

Замечание 1

При моделировании природных объектов следует иметь в виду, что определение их функции может быть лишено смысла. Например, дерево в ветрозащитной полосе имеет заданное человеком назначение, но само по себе – не имеет.[11] Однако это не мешает, анализируя структуру дерева, определять функции его

[11] Допустить обратное значило бы предположить наличие ненаблюдаемого (вымышленного) субъекта осознанной воли, намеренно создавшего это дерево.

частей (корни: питать и удерживать ствол; ствол: питать и удерживать ветки и т.д.).

Замечание 2

Не следует путать системно-функциональную вертикаль с системно-административной вертикалью. В первой модели стрелками отражается функциональная направленность (снизу вверх), во второй – управленческая (сверху вниз). Во многих ситуациях уместен совместный анализ этих моделей. Например, низкие темпы развития производственного предприятия при хорошо отлаженной второй модели может быть связан с параличом новаторской деятельности, которая отображается первой моделью.

Замечание 3

Один и тот же объект в зависимости от того, для чего он используется, т.е. при задании для него разных функций будет рассматриваться как разные функциональные системы, принадлежащие к разным надсистемам. При этом состав и функции подсистем тоже могут изменяться.

Например, ложки для удержания пищи относятся к столовым приборам. Ложки для извлечения звука – к народным музыкальным инструментам. А ложка для удаления патологиеских тканей – к хирургическим инструментам. И это – разные системные вертикали.

Замечание 4

Один и тот же объект может рассматриваться как ФС, входящая в несколько надсистем (на рис. 2.5 они показаны пунктиром). Это относится к многофункциональным объектам с обобщающей главной функцией.

Например, переносное многофункциональное устройство, рассматриваемое как ФС для информирования человека, служит для передачи сообщений (НС – сотовая сеть), как будильник (НС – времязадающие устройства), как шагомер (НС – измерители физиологической активности), в качестве компаса или путеуказателя (НС – навигационные устройства), в качестве фонарика (НС – осветительные приборы). При этом все НС

имеют общую ННС: всё это, включая даже фонарик – информационные системы. Примечательно, что столь популярное устройство при множестве малосодержательных «кличек» до сих пор не имеет нормального названия (ну хотя бы «лин» – личный информатор).

2.2.5. СИСТЕМНАЯ ГОРИЗОНТАЛЬ
как модель развития объекта с заданной функцией

Рукотворные объекты в процессе своего функционирования, то есть применения по конкретному назначению, как правило, подвергаются совершенствованию для улучшения тех качеств, которые перестают устраивать пользователей этих объектов. Несмотря на то, что улучшения производят конкретные люди, рассмотрение объектов как систем показывает статистически закономерный характер этих улучшений независимо от типа объекта и сферы его применения. Это можно отразить моделью поэтапного развития, отмечая наиболее значимые этапы прошлого и строя обоснованные предположения относительно будущих этапов (рис. 2.6). Основания для таких предположений даёт анализ хода устранения ведущих недостатков, вскрытие недостатков, сохранившихся к настоящему времени, и самое главное – представление о тех закономерностях, которые при этом проявились, а также тех, которые должны будут проявиться в будущем (о закономерностях см. в разделе 2.4).

Ключевым элементом модели здесь является устраняемый ведущий функциональный недостаток.

Под функциональным недостатком понимается такая характеристика моделируемого объекта, которая указывает на важную, нужную, но отсутствующую или неадекватно выполняемую[12] функцию на данном этапе развития объекта.

Этот недостаток оказывается ведущим, если его устранение ведёт к следующему шагу развития ФС.

[12] То есть выполняемую недостаточно или избыточно – см. раздел 3.2.

Например, ведущим функциональным недостатком, который на протяжении тысячелетий стимулировал развитие устройств для хранения информации, был ограниченный объём хранилища. По мере роста количества сведений для потомков места на стене пещеры оказывалось недостаточно так же, как сегодня – места в памяти компьютера.

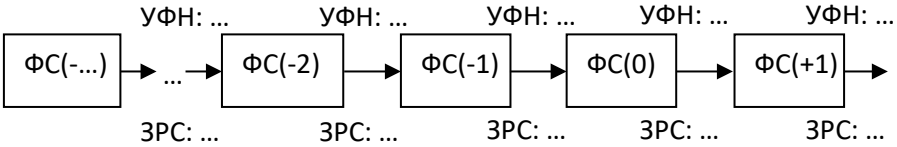


Рис. 2.6. Системно-функциональная горизонталь:
ФС(-…), ФС(-2), ФС(-1) – этапы развития ФС в прошлом; ФС(0) – состояние ФС в настоящем; ФС(+1) – предполагаемое состояние ФС в будущем; УФН – вызвавшие потребность в улучшении ФС устраняемые функциональные недостатки; ЗРС – закономерности развития (функциональных) систем.

Таким образом:

Под системно-функциональной, или кратко – системной горизонталью (СГ) понимают модель развития объекта, отражающую этапы и закономерности преодоления ведущих функциональных недостатков.

Для составления системно-функциональной горизонтали необходимы следующие шаги.

1. *Выбрать объект.*
2. *Сформулировать его главную функцию, тем самым переходя к рассмотрению ФС как модели объекта.*
3. *Отобразить (рисунком, словом) состояние ФС в настоящем и в прошлом, указав стрелками направление развития ФС.*
4. *На каждом этапе развития ФС отметить ведущие функциональные недостатки, которые стали причиной развития и были устранены при переходе к следующему этапу.*

5. *Указать закономерности развития систем, проявившиеся при устранении отмеченных недостатков.*
6. *С учётом сегодняшних, ещё не устранённых, но наиболее значимых функциональных недостатков предположить будущее состояние ФС после их устранения.*
7. *Указать ЗРС, которые при этом должны будут проявиться.*
8. *По возможности предположить, какие функциональные недостатки станут после этого ведущими.*

2.2.6. ПРОТИВОРЕЧИЕ
как модель конфликта

Творческий созидательный процесс отличается от не менее нужного, но рутинного созидательного процесса тем, что требует производства идей, несущих новые сущности, т.е. неизвестные ранее научные гипотезы, способы действий, схемы и конструкции устройств, организационные решения, художественные образы и т.д. Необходимость появления новых сущностей, как правило, связана с невозможностью ограничиться «старыми» для достижения требуемого результата. Эта невозможность обычно продиктована реальной или умозрительной конфликтной ситуацией, при которой стремление к результату усугубляет имеющийся или создаёт новый конфликт.

Такая ситуация может быть выражена в форме так называемого *противоречия условий*.[13]

Противоречие условий (ПУ) - это описание «тупиковой» ситуации, при которой попытка улучшить одну характеристику объекта рассмотрения ведёт к недопустимому

[13] Первоначальный термин, введённый для рассмотрения технических систем: *техническое противоречие.* Заменён более общим термином в соответствии с логическим смыслом данного понятия.

ухудшению другой его характеристики, а попытка улучшить эту другую – к недопустимому ухудшению первой.

Для наглядности ПУ описывается логической формулой, а в образной форме легко ассоциируется с качелями (рис. 2.6)[14]. Особенность этой формулы состоит в том, что каждое из условий содержит собственное противоречие, а следствия, вытекающие из выполнения условий, носят альтернативный характер.

Следовательно, сами условия тоже противоречат друг другу. Объединение всех трёх противоречий в единую формулу[15] создаёт ощущение тупика.

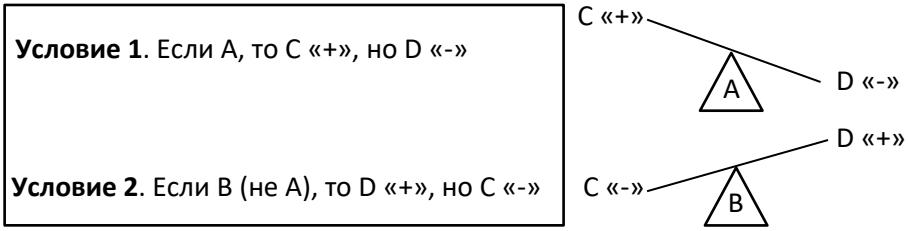


Рис. 2.6. Формальное отображение противоречия условий:
A и B – начальные условия; C и D – альтернативные следствия;
«+» – достигаемый положительный результат; «-» – недостаток.

Это ощущение усиливается при формулировании *противоречия требований*.

Противоречие требований (ПТ) – это описание «тупиковой» ситуации, при которой к объекту рассмотрения предъявляют противоположные, взаимоисключающие требования.

---

[14] Другой способ отображения противоречия условий содержит гладкие и волнистые линии, связывающие условие со следствиями. Гладкая линия ассоциируется с позитивным следствием, а волнистая – с негативным.

[15] Выражения «логическая формула» применительно к рис. 2.6, 2.7 условны, поскольку применение строгих формул и символов алгебры логики только неоправданно усложнит изложение материала.

Логическая формула и особенно образ невозможных качелей, непосредственно вытекающие из предыдущих, предельно остро иллюстрируют существо конфликта (рис. 2.7).

Требование 1. Должно быть C «+», чтобы П1

Требование 2. Должно быть D «+», чтобы П2

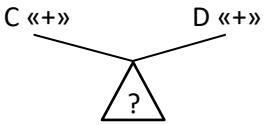


Рис. 2.7. Формальное отображение противоречия требований:
C «+», D «+» – взаимоисключающие состояния (свойства, действия), совместно обеспечивающие искомый позитивный результат;
П1, П2 – обоснование требований (получаемые преимущества).

Именно на выявление сущности конфликта, которая создаёт в нашем сознании ощущение безвыходности, нацелены рассматриваемые формулировки.

Пример 1

ПУ

У1. Если купить большой шкаф, то в него поместится вся одежда, но он займёт в комнате недопустимо много места.

У2. Если купить маленький шкаф, то он займёт мало места, но в него вся одежда не поместится.

ПТ

Т1. Шкаф должен быть большим, чтобы вместить всю одежду.

Т2. Шкаф должен быть маленьким, чтобы занимать мало места.

Пример 2

ПУ

У1. Если вести сверление пушечного ствола с большой скоростью, можно обеспечить высокую производительность, но при этом слишком велики энергопотери, связанные с трением.

У2. Если вести сверление с малой скоростью, энергопотери значительно меньше, но производительность недопустимо низка.

ПТ

Т1. Скорость сверления должна быть большой для обеспечения высокой производительности.

Т2. Скорость сверления должна быть маленькой для снижения энергопотерь.

Пример 3

ПУ

У1. Если изготовленные ответственные узлы сложного прибора подвергать сплошному техническому контролю, то брак исключается, но недопустимо увеличиваются трудозатраты.

У2. Если операцию контроля узлов производить выборочно, то трудозатраты на это – в допустимых пределах, но последствия возможного брака абсолютно неприемлемы.

ПТ

Т1. Сплошной контроль узлов должен быть обязательно, чтобы исключить возможные последствия брака.

Т2. Никакого контроля узлов не должно быть совсем, чтобы исключить дополнительные трудозатраты.

Противоречие усилено полным исключением контроля.

Замечание 1

Обыденное мышление ведёт к выводу о покупке шкафа средних размеров, выбору средней скорости сверления, оптимизации частоты контроля. Но ТРИЗ рекомендует не идти по пути компромиссов. Именно бескомпромиссное обострение и без того тупиковой ситуации ведёт по пути творческих, изобретательских решений.

Замечание 2

Описанный переход от одной модели конфликта к другой (от ПУ к ПТ), хоть и обостряет противоречие, не добавляет, по существу, новой информации. Поэтому при переходе от ПУ к ПТ локализуют конфликт, уточняя (конкретизируя) его место и время. Это значительно повышает эвристичность моделирования конфликта.

Замечание 3

В литературе часто можно встретить рассуждения о том, что эволюция живой природы (или животного мира, или насекомых и т.п. – в зависимости от контекста) была сопряжена с

преодолением множества противоречий. Подобное невозможно по простой причине: эти объекты эволюции не обладают речью. Сами части слова “**противо”-“речие”** подсказывает, что оно описывает, моделирует объективно существующий конфликт с помощью речи:

Противоречие – словесная модель конфликта

Чуткое отношение к родному языку – важная особенность ТРИЗ и достойных технологий на её основе, способствующая повышению эффективности творчества. На это ещё не раз придётся обращать внимание.

2.2.7. ИДЕАЛЬНЫЙ КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

как модель желаемого достижения

По словам известного писателя-фантаста Артура Кларка, «Любая достаточно развитая технология не отличима от магии». Это означает, что «движущие рычаги», обеспечивающие создание продукта технологии, невозможно обнаружить – всё происходит как бы само. Поэтому ориентиром, к которому следует стремиться при совершенствовании устройств и процессов как в технике, так и далеко за её пределами, служит идеальный конечный результат.

Под идеальным конечным результатом (ИКР) понимается описание такой ситуации, при которой желаемый результат реализуется сам.

Желаемым результатом может быть появление нужного свойства, или выполнение необходимого действия, или осуществление требуемой функции.

Примеры

Для приведенных выше противоречий ИКР можно сформулировать следующим образом.

Вся одежда САМА свободно помещается в маленьком шкафу.

Операция расточки ствола при высокой скорости сверления САМА исключает большие энергопотери на трение.

Каждый изготовленный ответственный узел САМ себя контролирует без каких бы то ни было контрольных операций.

В отличие от рассмотренных моделей, имеющих образное представление, ИКР не представлен в виде образа. И это не случайно: формулировка ИКР служит оператором преобразования той образной модели, которая применена для отражения сложившейся конфликтной ситуации. Этим, например, обеспечивается переход от функции неадекватной или вредной – к функции, соответствующей идеалу; или переход от модели реальной противоречивой ситуации – к модели идеальной ситуации, в которой выявленное противоречие устранено.

Производные модели

Варианты применения основных моделей создают возможности их сочетания. Ниже рассмотрены часто используемые производные модели.

2.2.8. СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
как модель развития структуры объекта

Системный оператор (СО) объединяет системную вертикаль и системную горизонталь. Она отражает логическую последовательность модификаций системной вертикали. Эта модель пользуется особой популярностью, поскольку даёт наглядное представление об основных тенденциях развития самого объекта рассмотрения, его компонентов и его надсистемы (рис. 2.8).

Системный оператор – это модель развития структуры объекта, отражающая смену системных вертикалей в процессе устранения недостатков на системном, подсистемном и/или надсистемном уровнях.

Порядок построения системного оператора.

1. Выбрать объект.

2. Задать ГФ (перейти к ФС – модели объекта).
3. Построить СВ(0) – системную вертикаль, отражающую современную структуру объекта – ФС(0), ПС(0), НС(0).
4. Построить СВ(-1), СВ(-2) и т.д.
5. Выделить УФН - функциональные недостатки, устраняемые с развитием ФС
6. Указать ЗРС, приведшие к устранению ФН в прошлом.
7. Выделить значимые ФН и возможные ЗРС для СВ(0). С их учётом построить СВ (+1).

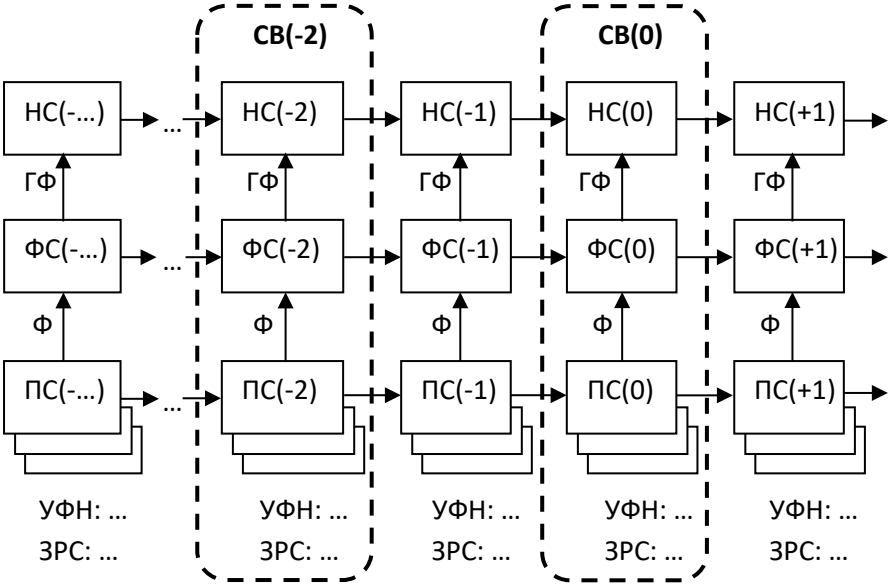


Рис. 2.8. Системный оператор:
ФС(-…), ФС(-2), ФС(-1) – этапы развития ФС в прошлом; ФС(0) – состояние ФС в настоящем; ФС(+1) – предполагаемое состояние ФС в будущем; НС - надсистемы; ПС – подсистемы; СВ(0), СВ(-2) – системные вертикали; УФН – вызвавшие потребность в улучшении ФС устраняемые функциональные недостатки; ЗРС – закономерности развития (функциональных) систем.

Движение из прошлого через настоящее – в будущее обеспечивает прогнозирование предстоящих изменений функциональной системы (например, моделирующей современную технологию). Движение из настоящего в прошлое обеспечивает вскрытие прежних состояний структуры объекта. Например, в археологии это помогает по ископаемым черепкам посуды восстановить особенности быта древних людей.

2.2.9. ВЕПОЛЬ
как модель взаимодействия веществ и полей

Любой конфликт в технической сфере сопряжен с отсутствующими/недостаточными либо лишними/избыточными взаимодействиями участников конфликта, что в значительной мере относится и к нетехнической – например, социальной сфере.

Это можно описать словами в свободной форме, выразить в строгой символьной или текстовой форме противоречия либо изобразить в виде рисунка (например, в виде метафорических качелей). Достоинства образной формы – её наглядность, которая способствует появлению идей, и возможность не делать кропотливую работу по формулированию противоречий. К недостатку образной формы нужно отнести её нечёткость: одна и та же форма может быть отнесена к разным ситуациям, а одна и та же ситуация может отображаться разными формами. Однако этот недостаток может превратиться в достоинство: так туманные высказывания оракулов оставляли простор для творческой фантазии. А обобщённость формы помогает типизации задач.

Перечисленными особенностями обладает схема, описывающая материальные связи в рассматриваемой зоне конфликта. Поскольку материальный мир проявляет себя в виде веществ и полей, схема носит название «веполь» (рис. 2.9).

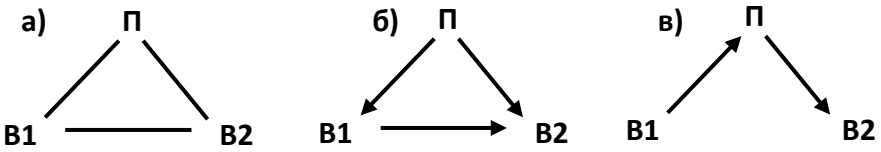


Рис. 2.9. Схемы веполей:
а) полный веполь содержит вещества В1, В2 и поле П,
в общем случае взаимодействующие друг с другом;
б, в) примеры веполей с известным направлением действий

Веполь – это схематическая модель взаимодействия веществ и полей в зоне устранения конфликта.

В отличие от ИКР, не имеющей образной формы, но имеющей чёткие правила построения словесной модели, веполь, наоборот, не имеет словесной модели и чётких правил образного отражения конфликтной ситуации, оставляя простор для множества возможных вариантов.

При построении веполей под «веществами» подразумевают любые материальные объекты, а полями называют условные *технические поля,* частично совпадающие с физическими: помимо множества вариаций механических полей, говорят об акустическом/пневматическом, тепловом, химическом, электрическом, магнитном полях.

Пример 1

Рассмотрим функцию «Гиря деформирует пол». Здесь гиря (В1) и пол (В2) вещественны (рис. 2.10), а деформация возникает из-за действия гравитационного поля (П1). Но непосредственно на пол влияет давление гири, находящейся с полом в механическом контакте. И можно говорить об условном механическом поле давления П2, вредно (волнистая линия) действующем на В2. А можно отразить вредное влияние гири на пол волнистой линией, непосредственно связывающей В1 и В2 (на рисунке показаны оба варианта). Отсюда видна неоднозначность вепольного представления одних и тех же ситуаций.

Из рис. 2.10 видно, что вепольная модель является свёрнутой формой обобщённой модели состава ФС. При этом возможность высокой компактности вепольных схем сопряжена с большой вариативностью моделирования проблемной зоны.

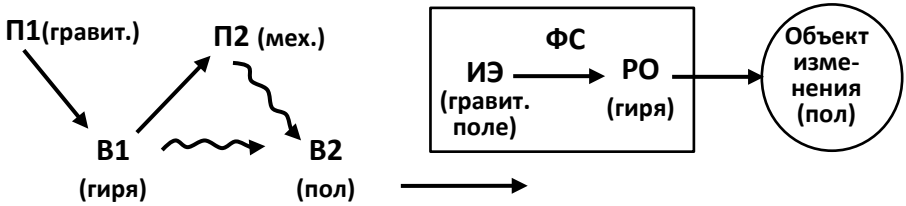


Рис. 2.10. Способы отображения взаимодействий «гиря – пол» с помощью вепольной модели и модели минимального состава функциональной системы.

Пример 2

Отобразить, как настенный плакат информирует человека, можно с помощью несложного веполя (рис. 2.11).

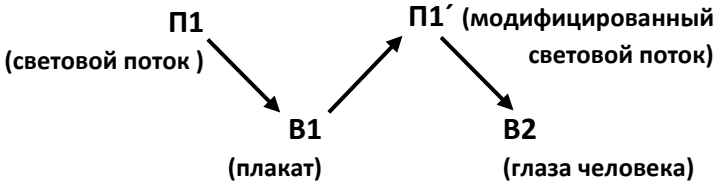


Рис. 2.11. Вепольная модель работы плаката.

2.2.10. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЦЕПЬ

как модель последовательности изменений

Функциональная цепь (ФЦ) представляет собой непрерывную структуру из множества функций, в которой «изделие», входящее в состав любой функции, может служить «инструментом» другой функции или нескольких функций. И наоборот: любой «инструмент» может оказаться «изделием» в составе других функций. Всеобщая взаимосвязь объектов и явлений окружающего мира и внутреннего мира человека теоретически позволяет связать функционально два любых сколь

угодно отдалённых в пространстве или во времени объекта или события.

Особый интерес представляют причинно-следственные функциональные цепи (П-С ФЦ), раскрывающие принцип действия устройств и технологий.

Пример

Сопоставление вепольной модели на рис. 2.11 и соответствующей причинно-следственной функциональной цепи из трёх функций на рис. 2.12 показывает их взаимодополняющий характер (первая – проще и абстрактнее, вторая – сложнее и конкретнее) и говорит об их принципиальной совместимости.

Рис. 2.12. Функциональная (П-С ФЦ) модель работы плаката.

2.2.11. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРТРЕТ ОБЪЕКТА

как модель назначения его компонентов

Функциональный портрет (ФП) можно рассматривать как объединение двух моделей: *системно-функциональной вертикали* и *функции*. Порядок оформления «портрета» довольно прост:

1. Выбрать объект
2. Сформулировать его ГФ
3. Указать надсистему ФС.
4. Рассматривая объект как функциональную систему, составить список подсистем с требуемой степенью детализации
5. Сформулировать функции подсистем

Построение ФП может служить первым шагом к составлению ПС-ФП и более сложным аналитическим процедурам технологий развития систем на основе ТРИЗ.

Пример

Функциональный портрет чайника Главная функция: *чайник и нагревает воду*	
Надсистема: *бытовые электроприборы*	
Подсистемы	Функции
Ёмкость	*Ёмкость удерживает воду*
Нагреватель	*Нагреватель нагревает воду*
Ручка	*Ручка удерживает ёмкость*
Подставка	*Подставка направляет ток (в нагреватель)*
Электропровод	*Эл. провод направляет ток (в подставку)*

2.2.12. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА

как модель роли и вклада его компонентов

Каждый компонент объекта, рассматриваемого как ФС, выполняя различные функции, может играть множество ролей – первичных и второстепенных, полезных и вредных (т.е. помогающих и мешающих реализации главной функции ФС). Качество выполнения функций также различно, как и затраты на их выполнение.

Функциональная, или более точно – системно-функциональная модель объекта отражает значение каждого компонента системы в реализации её главной функции.

Детальный анализ указанных характеристик позволяет оценить явные и выявить скрытие недостатки ФС, сопоставить позитивный и негативный вклад каждого компонента и наметить пути совершенствования объекта, приближая его к воображаемому идеалу.

Функционально-идеальная модель не имеет недостатков.

Раздел 2.3
Принципы эффективного мышления

ТРИЗ как источник универсальных подходов, моделей, стилей и алгоритмов эффективного мышления. ТРИЗ как источник универсальных мыслительных операций.

Все усилия разработчиков ТРИЗ в конечном счёте связаны со стремлением повысить эффективность мышления в процессе творческой деятельности.

Повысить эффективность мышления – значит найти такой способ работы мозга, который обеспечивает достижение поставленной цели размышлений менее энергозатратным путём за установленное время, либо за меньшее время при одинаковых энергозатратах.

Возможно, требуются пояснения.

Эффект (реакция на воздействие) – понятие абсолютное: либо он есть, либо его нет. Эффективность – понятие относительное. Если требуемый результат не всегда оказывается достигнут, можно говорить о результативности работы. Об эффективности же можно говорить только сравнивая трудозатраты на достижение полученного результата.

Поскольку речь – о процессе мышления, трудозатраты можно оценивать по времени и энергии, потребовавшимся для получения результата. Но на этом пути ждут методологическая и психологическая ловушки.

Обычно о большей эффективности умственного труда говорит достижение одного и того же результата за более короткое время. Но такая оценка часто бывает несправедлива по отношению к людям с более низким темпераментом. Кроме того, можно представить ситуацию, когда вследствие крайнего перенапряжения человек вместе с полученным быстрее других результатом получает «в подарок» нервное и физическое

истощение. А достигший того же результата, но позже, в сумме затратил на это существенно меньше энергии. Правда, бывает и так, что к этому времени результат уже не нужен… Да и как измерять объективными методами затраченную при умственном труде энергию?

Все эти проблемы снимаются, если относительная оценка эффективности мышления носит индивидуальный характер. И, следовательно, сугубо субъективна: человек сам, освоив новый метод мышления, оценивает эффективность его применения в сравнении с самим собой прежним.

Итак, ***эффективность мышления*** характеризуется относительным изменением трудозатрат индивида при выполнении конкретной интеллектуальной работы.

Эффективность метода творческой работы можно оценить на основе статистических данных о множестве использовавших этот метод индивидов.

В технологиях творчества на базе ТРИЗ эффективность обеспечивается совокупностью средств интеллектуальной деятельности (рис. 2.13).

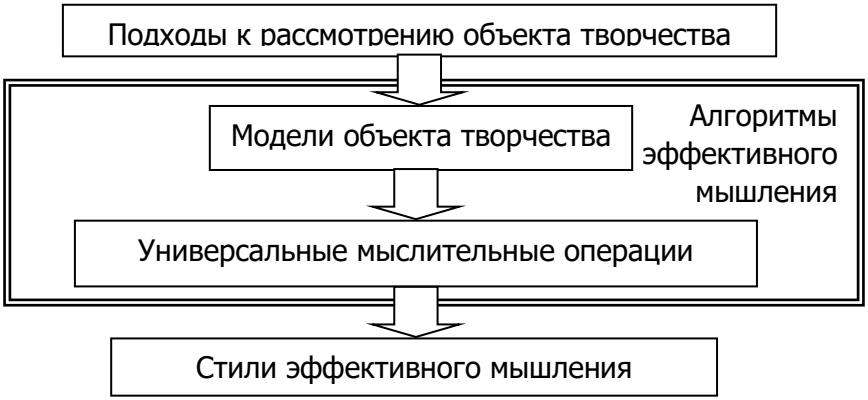


Рис. 2.13. Выработка стилей эффективного мышления.

О подходах и моделях уже говорилось в предыдущих разделах. Напомним о них ещё раз, сделав акцент на их взаимосвязях друг с другом и с вырабатываемыми благодаря их применению стилями эффективного мышления (табл. 2.5).

Системный подход

Моделирует структуру объектов исследования. В совокупности с функциональным подходом предлагает в качестве основной модели объектов реальности рассматривать функциональные системы, т.е. системы с заданными функциями. Моделируется также многоуровневость структуры объекта, то есть составные части системы, а также то, куда сама эта система со своей функцией входит как часть.

Диалектический подход

Моделирует развитие объектов исследования. В совокупности с функциональным и системным подходами предлагает при анализе и синтезе систем учитывать их совершенствование вследствие преодоления недостатков, а также эволюцию многоуровневой структуры, происходящую в соответствии с объективными закономерностями развития функциональных систем.

Функциональный подход

Моделирует изменения взаимодействующих объектов исследования. В совокупности с семантическим подходом предлагает при анализе и синтезе систем любые взаимодействия как внутри системы, так и направленные вовне, разделять на элементарные функции типа «инструмент – однонаправленное действие – изделие с изменяемым свойством» (т.е. осуществлять декомпозицию взаимодействий). При этом семантика формулировки функций помогает выделять сущность процессов в системе и оценивать её характеристики по совокупности элементарных функций.

Табл. 2.5. Взаимосвязь подходов с моделями в ТРИЗ и вырабатываемые при их применении стили мышления

	ИСХОДНЫЕ МОДЕЛИ	ПРОИЗВОДНЫЕ МОДЕЛИ	СТИЛИ МЫШЛЕНИЯ	
Системный подход	Система – модель объекта Системная вертикаль – модель структуры объекта	Функциональный портрет объекта	Системно-функциональный	**Психологический подход**
Функциональный подход	Функция – модель назначения объекта Веполь – модель взаимодействия элементов	Функциональная цепь Системно-функциональная модель объекта Вепольная модель зоны конфликта	Системно-функциональный Причинно-следственный	
Диалектический подход	Системная горизонталь – модель развития объекта	Системный оператор – модель развития структуры объекта, включая надсистемные уровни Причинно-следственная модель	Системно-диалектический Функционально-диалектический Причинно-следств.	
Семантический подход	Противоречие – модель конфликта Идеальный конечный результат (ИКР) – модель цели изменений	Усиление противоречий путём предельного обострения условий и требований	Парадоксальный, Функционально-идеальный Причинно-следственный,	

Семантический подход

Формирует образно-вербальные модели ситуаций. В совокупности с остальными подходами обеспечивает отображение существующего и желаемого положения дел и помогает осознать, как перейти к желаемому.

Психологический подход

Учитывает особенности психики, мешающие и помогающие творческому процессу. В совокупности с семантическим подходом предлагает переход от обыденных к нетрадиционным, кажущимся нереальными, парадоксальным представлениям о рассматриваемой проблемной ситуации. Это способствует активизации работы мозга и получению оригинальных идей решения проблемы.

Принципы мышления и *универсальные мыслительные операции*

В отличие от многих областей знания, имеющих дело с конкретными типами объектов (астрономия – с космическими телами, ботаника – с растениями, социология – с межчеловеческими отношениями), ТРИЗ (как и математика, как и литература) способна описывать своим специфическим языком любые объекты. Это требует высокой степени универсальности применяемого инструментария. А поскольку речь – об инструментах мышления, можно называть их универсальными мыслительными операциями.

В основу таких операций, используемых в алгоритмах на базе ТРИЗ, положены определённые принципы мышления. Рассмотрим основные из этих принципов, сопоставляя их там, где необходимо для пояснения, с содержанием соответствующих мыслительных операций:

- Принцип выявления сущности, состоящий в определении главной функции и рабочего органа рассматриваемого объекта как системы.
  Например, слова «устройство для дробления твёрдой породы (главная функция) *направленной струёй воды* (рабочий орган)*» достаточны для представления о сущности целого класса технологий.*
- Принцип комплексного описания объектов исследования (на основе сочетания системного, функционального и диалектического подходов), обеспечивающий простоту и наглядность моделей этих объектов *(см. раздел 2.3).*
- Принцип допоисковой систематизации, состоящий в создании полных классификаций ещё неизвестных / несуществующих в рассмотрении объектов (как материальных, так и нематериальных).

Суть соответствующей мыслительной операции состоит в выделении общего признака, характеризующего все классифицируемые объекты.

- Принцип декомпозиции взаимодействий, позволяющий разложить сложную и неоднозначную картину встречных переплетающихся воздействий объектов друг на друга, которая трудно поддаётся описанию и не укладывается в нашем сознании, на ряд односторонних и однозначных, простых и понятных воздействий.

  Этот принцип реализуется с помощью элементарных функций, входящих в состав основных моделей ТРИЗ.
- Принцип функциональной обратимости (реверса направления действия), обеспечивающий, в частности, выделение скрытых системных недостатков и возможность проверки корректности формулировок функций.

  Этот принцип тоже реализуется с помощью элементарных функций.
- Принцип локализации конфликта, состоящий в определении его оперативной зоны и оперативного времени и позволяющий лучше осознать сущность конфликта –

  благодаря отделению мест и моментов, в которых конфликт существует, от соседних мест и моментов, в которых конфликта нет.
- Принцип конфликтующей пары, обеспечивающий выделение главных «виновников» проблемы (проблемной ситуации).

  Мыслительная операция по выделению только двух (а не трёх, четырёх и т.д.) участников конфликта резко упрощает представление о проблеме.
- Принцип идеальности, состоящий в формулировании по определенным правилам желаемого идеального конечного результата.

Этот принцип реализуется в ряде формулировок, предполагающих, что требуемое свойство, или действие, или функция осуществляется сама либо с помощью пока неизвестного «помощника» без каких-либо негативных последствий.

- Принцип альтернативности, состоящий в выявлении пары взаимно противоположных (позитивное – негативное) последствий того или иного действия (принцип качелей).
  Этот принцип реализуется при формулировании противоречия условий.
- Принцип парадокса, состоящий в предъявлении к объекту или его свойству взаимоисключающих (противоречащих друг другу) требований.
  Этот принцип реализуется при формулировании противоречия требований.
- Принципы устранения конфликтов, реализуемые с помощью целого ряда приёмов разрешения (устранения) указанных выше противоречий –
  - путём согласования конфликтующих объектов или их частей (во времени, в пространстве, в структуре, по функциям, по свойствам)
  - путём свёртывания конфликтующего объекта или его части
  - путём вынесения конфликтующих свойств участников конфликта за пределы взаимодействия
  - путём изменения метрики участника конфликта (выхода из плоскости в объём, сведение объёмных усилий в точку и пр.)
  - путём преобразования конфликтующего свойства (физического, химического, геометрического и пр.)
  - путём согласования/рассогласования потоков (по направленности, ритмике, уровню)
- и др.

Все эти принципы в той или иной мере используются людьми, думающими и говорящими на разных языках, имеющими различный уровень образования. Русский язык позволяет уже в детском возрасте использовать весь комплекс этих принципов благодаря как богатству самого языка, так и особенностям психики, формируемым у его носителей[16]. Такая возможность реализуется с помощью психологического и семантического подходов.

Получаемые в итоге универсальные мыслительные операции (УМО) представляют собой микроалгоритмы, создающие в мозгу человека такие нейронные структуры, которые без участия внешних воздействий со стороны органов чувств изменяют представление о ситуации или объекте с целью повышения эффективности (снижения трудоёмкости, ускорения) творческого процесса.

То или иное сочетание моделей, отображающих исходную ситуацию, с УМО, преобразующими представление о ней, обеспечивает создание множества алгоритмов эффективного мышления. А поскольку и модели ситуаций, и операции их преобразования связаны с построением нейронных сетей, можно их совмещать, тем самым сокращая (свёртывая) алгоритмы.

Таким образом, решение творческих задач с помощью технологий на базе ТРИЗ (см. рис. 2.13) сводится к оценке ситуации с помощью подходов ТРИЗ и выбору алгоритма, адекватного объекту творчества, или построению такого алгоритма путём сочетания необходимых моделей с универсальными мыслительными операциями их преобразования.

Рассмотрим примеры часто применяемых УМО.

---

[16] Отсюда понятна связь между упрощением языковых форм (из-за активного интернет-общения, ухудшения образования, сужения словарного запаса у малочитающих и пр.) и заметным снижением способности к освоению инструментария ТРИЗ в частности и методик творчества в целом.

1) Исходная ситуация: *необходимо разместить новый блок в корпусе прибора, и без того заполненном до предела.*
Модели исходной ситуации: *конструкция, блочная схема, функциональный портрет прибора и пр.*
Вариант УМО – формулирование идеального конечного результата (ИКР): *новый блок сам свободно размещается в приборе, не изменяя его габаритов и не затрагивая расположения уже имеющихся блоков.* Такая формулировка выводит на ряд идей, в частности – размещение нового блока в теле крышки прибора.
Вариант УМО – выделение одного из приёмов устранения противоречивых требований. Например: *если два объекта нельзя разместить рядом, можно попробовать разместить один объект внутри другого (приём «матрёшка»).* Выводит на идеи использования внутреннего пространства одних блоков для размещения других.
Вариант УМО – формулирование функций нового прибора и распределение этих функций в имеющихся блоках: *новый носитель функции не нужен, если эта функция может быть реализована уже имеющимся носителем.* Выводит на идеи свёртывания (удаления) одних блоков с передачей их функций другим.

2) Исходная ситуация: *человек, пролезая через узкий проём, который невозможно расширить, застрял в нём. Безболезненно переместить его вперёд или назад не удаётся.*
Модель ситуации – *условная схема конфликта (рис. 2.14):*

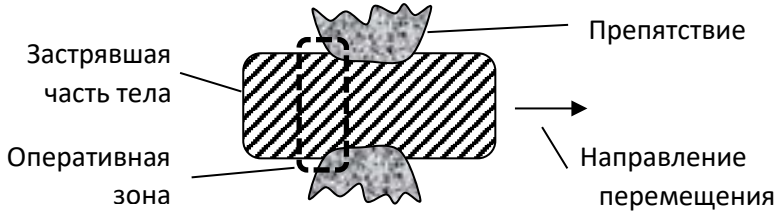


Рис. 2.14. Выделение оперативной зоны.

Первая УМО – локализация конфликта: для застрявшего человека *и неопытных помощников проблемной зоной представляется заштрихованная условная часть тела, а временем разрешения проблемы – весь период его пребывания в «западне».* Но для опытных спасателей оперативное время (*ОВ) – это момент однократного перемещения (сдвига) тела в заданном направлении;* а поскольку длина сдвига может быть значительно меньше длины проёма и тем более тела, то *оперативная зона (ОЗ) – часть тела перед входом в проём, равная длине сдвига.* Отсюда – тактика действий в соответствии с вытекающим из неё вариантом УМО.

Вторая УМО – преобразование конфликтующего свойства одного из участников конфликта: *диаметр тела в ОЗ должен в момент сдвига (ОВ) стать меньше диаметра проёма.* Осуществить это намного легче. Например, с помощью ремня.

3) Исходная ситуация: *периметр охраняемой территории в тёмное время суток освещается большим количеством светильников. Видеокамеры фиксируют возможные проникновения нарушителей, подавая сигнал охране. Однако расходы на освещение довольно велики.*

Модель задачи – *как ощутимо снизить энергозатраты на освещение?*

УМО - выделение общего признака опасности: *оперативное время пересечения нарушителем зоны, освещенной конкретным светильником (рис. 2.15).* Отсюда ясно, что все энергозатраты должны определяться работой одного светильника, включаемого в момент пересечения нарушителем освещаемой этим светильником зоны.

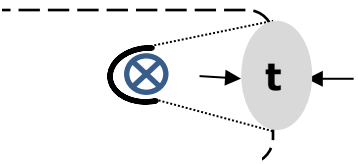


Рис. 2.15. Выделение общего признака.

Сверхэффект:

Светильник САМ отпугивает большинство нарушителей (ИКР).

Раздел 2.4

Закономерности развития функциональных систем

Рассматриваемые закономерности отражают действие основных законов материалистической диалектики. И хотя они проявляются при совершенствовании рукотворных объектов людьми, т.е. при их субъективной деятельности, эти закономерности носят объективный, статистически достоверный характер.

Побудительным мотивом к изменениям рукотворных объектов, как правило, оказывается возникающая в процессе их использования неудовлетворённость их потребительскими качествами либо возрастание требований к ним. При этом в самом процессе развития можно выделить два повторяющихся периода: эволюционный и революционный (рис. 2.16).

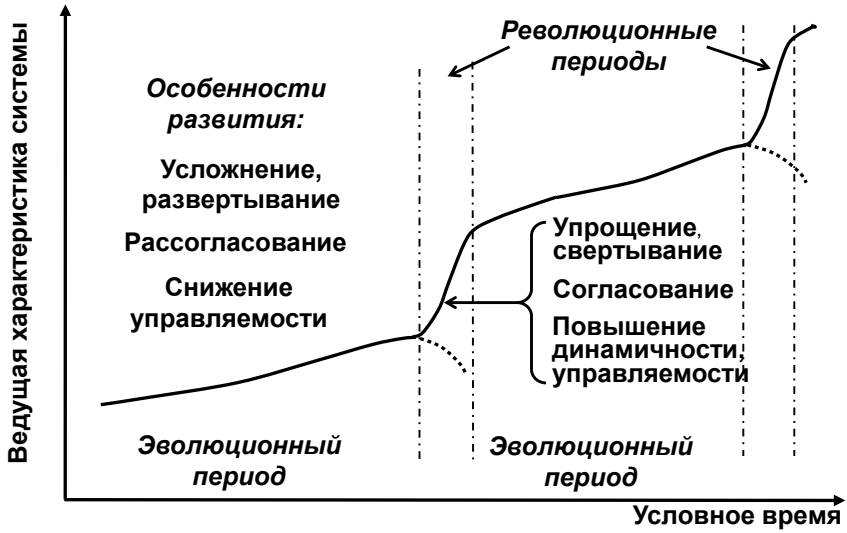


Рис. 2.16. Периоды развития функциональных систем.

В период эволюции текущие изменения сопряжены с улучшением прежних и наращиванием новых возможностей, т.е. развёртыванием. Это ведёт к постепенному усложнению рукотворных объектов. А поскольку процесс совершенствования имеет обычно спонтанный, нерегулярный характер (по мере надобности), улучшения разных частей объекта происходят неравномерно, что ведёт к рассогласованности их работы и снижению управляемости.

С накоплением этих недостатков устранять их становится всё сложнее, между ними возникают и усугубляются конфликты, преодоление которых полумерами и компромиссами себя не оправдывает. И развитие либо прекращается, либо приобретает революционный (скачкообразный) характер – если удаётся не сгладить, а устранить мешающие развитию конфликты. Структура объекта, его внутренние связи становятся более гибкими. Это ведёт к улучшению их согласованности и управляемости, и нередко – к упрощению накопившейся избыточной сложности. Какое-то время новых революционных достижений не требуется, и наступает очередной эволюционный период.

Подобное свойственно как техносфере, так и социосфере, и происходит всюду, где «живут и работают» совершенствуемые рукотворные объекты.

Все эти особенности развития рукотворных объектов отражают их модели – функциональные системы. Исследование свойств объективного мира на его моделях – общепринятый метод во множестве научных дисциплин. Поэтому в дальнейшем, обсуждая закономерности развития функциональных систем (кратко – ЗРС), мы будем иметь в виду объекты реального мира, проявляющие системные свойства.

Разработчики ТРИЗ выявляли, исследовали, описывали и систематизировали закономерности развития систем (ЗРС)

постепенно в течение нескольких десятилетий, и этот процесс продолжается. Сегодня существует ряд способов систематизации ЗРС по разным признакам. Среди них наиболее популярна демонстрация проявления закономерностей на фоне S-образной кривой развития ФС (рис. 2.17), которая характеризует как природные, так и технические системы. Оценку развития по главному параметру нередко заменяют качественным показателем степени идеальности. Идеальность ФС оценивается соотношением суммы её полезных функций и суммы затрат на их выполнение: И=∑Ф/∑З.

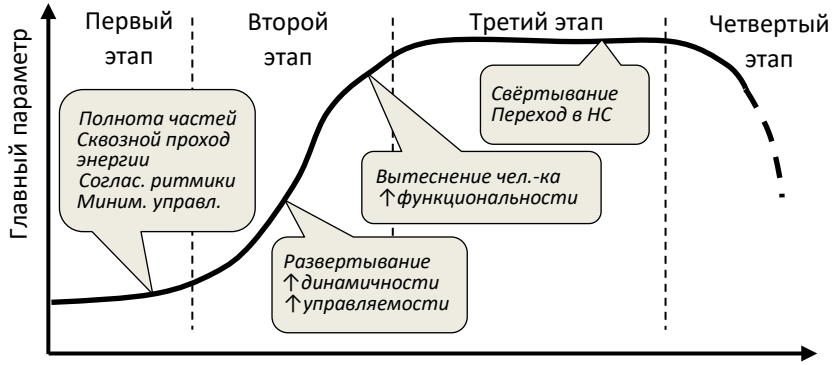


Рис. 2.17. S-образный характер развития систем.

Этапы: 1 - зарождение, 2 - активное развитие, 3 – стагнация, 4 – умирание.

Индикаторы 1-го этапа: изобретения высоких уровней (новых принципов действия), патентная защита *способов*, пробы разнообразных вариантов устройств с использованием ресурсов существующих систем, отброс неперспективных вариантов.

Индикаторы 2-го этапа: изобретения и патентная защита структуры новых устройств, начало эксплуатации, выход на рынок, рост числа рабочих модификаций, быстрый рост значений ведущих параметров.

Индикаторы 3-го этапа: изобретения более низких уровней, патентная защита устройств и полезных моделей, рост числа второстепенных, дополнительных функций, потребление специализированных ресурсов.

Индикаторы 4-го этапа: патентная защита новых применений известных способов и устройств, уход с рынка или узкая специализация.

На рис. 2.18 представлен авторский способ систематизации ЗРС. Его цель не столько описать уже произошедшие изменения, сколько предсказать будущие и помочь непосредственно в ходе решения изобретательских задач по тем из приводящихся в следующих разделах алгоритмам, которые построены с опорой на ЗРС.

Функциональная система становится работоспособной при выполнении условий реализации её назначения:

- необходимой и достаточной полноты – наличия как минимум ИЭ и РО, в общем случае ИЭ, Пр, Тр, РО, ОУ;
- сквозной проводимости энергии от ИЭ до объекта ГФ;
- минимальной управляемости всеми требующими управления частями ФС;
- согласованности работы взаимодействующих частей по ритмике.

После начала функционирования ФС, проявляя себя в условиях её применения, в той или иной степени подвергается модификациям: совершенствуется рабочий орган, расширяются возможности подсистем, усложняются вещественно-полевые взаимодействия, повышается динамичность и управляемость, появляются новые функции. В целом растёт количество элементов ФС – происходит её ***развёртывание***. Разумеется, всё это делают намеренно и осознанно, стремясь улучшить систему.

В итоге повышается степень идеальности ФС, идёт её развитие по S-образной кривой в рамках её второго этапа. Но вместе с улучшениями, в том числе – из-за опережающего развития рабочего органа, растёт неравномерность развития частей ФС, что ведёт к их рассогласованию и снижению управляемости. Подобное происходит на всех этапах S-образной кривой.

Таким образом, если одни закономерности связаны с конкретными целенаправленными усилиями, то другие проявляются сами. Поэтому первые можно считать

инструментальными, поскольку их знание позволяет осознанно и эффективно улучшать ФС, а вторые – описательными: их знание полезно в первую очередь для того, чтобы не допустить грубых ошибок.

Следующая группа закономерностей наиболее характерна для переходного периода развития (***от развёртывания к свёртыванию***). Принимаются меры по устранению разного рода рассогласований (по ритмике работы, по дизайну, по техническим требованиям); происходит объединение однородных подсистем по принципу моно-би-поли; повышение степени автономности частей, независимости от внешних условий и степени самообслуживания ФС ведёт к постепенному освобождению человека от выполнявшихся им функций – сначала в качестве рабочего органа ФС, затем трансмиссии, преобразователя, источника энергии, и при полной автоматизации ФС – отказе от человека в качестве органа управления.

С наступлением третьего по S-образной кривой этапа, соответствующего началу ***периода свертывания***, уменьшаются размеры компонентов ФС, происходит их миниатюризация в прямом и переносном смысле; в границах системы образуются свободные пространства, снижается материалоёмкость за счёт увеличения степени пустотности; объединяются системы сходного назначения со взаимодополняющими свойствами и системы разного назначения со взаимодополняющими функциями, благодаря чему растёт их универсальность; наконец на четвёртом этапе S-образной кривой ФС исчезает, а её востребованная функция переходит к надсистеме. Полный цикл развития системы заканчивается – завершается ***период свёртывания***. Ей на смену приходит ФС более широкого назначения, с улучшенными основными характеристиками, и для неё все периоды развития повторяются.

Принцип действия системы и её частей на всех этих этапах зависит от развития видов взаимодействия как в целом, так и в данной отрасли – в естественной последовательности

достижений науки и технологий: механическое (включая гидравлическое, пневматическое, акустическое), тепловое, химическое, электрическое, магнитное, электромагнитное, биологическое – условно МАТХЭМ(Б). При этом на уровень соответствия современным достижениям и объективным закономерностям влияет корректирующее действие надсистемы. Оно ограничивает возможности самостоятельного развития ФС: ускоряет, стимулирует его, предоставляя дополнительные ресурсы организационного, материального, финансового и пр. характера, либо наоборот – подавляет, сдерживает, тормозит, не предоставляя или отнимая те либо иные ресурсы.

Замечание 1

Анализ действующих ЗРС на примере конкретной ФС недопустим, если известно только одно её состояние. Очевидно, что правильно проложить вектор можно, если известны по крайней мере две точки, через которые он проходит.

Замечание 2

В реальных условиях одновременно действуют несколько ЗРС. При этом, как правило, одна из них играет ведущую роль.

Замечание 3

Каждая подсистема в ФС имеет некоторую самостоятельность. Поэтому её развитие может отставать от других ПС или наоборот – что типично, например, для рабочего органа. Более того, подсистемы могут находиться на разных этапах развития. Таким образом, в любой текущий момент для разных ПС может быть характерно действие разных групп ЗРС. Это осложняет ЗРС-анализ, и чтобы распознать общие тенденции развития рассматриваемой ФС, требуется некоторый навык.

Замечание 4

Существуют закономерности, которые на первый взгляд представляются сходными: расширение функциональности и повышение универсальности, дробление рабочего органа и переходы «моно-би-поли…». Различие между ними хорошо видно на примерах, приведенных в табл. 2.6 и 2.7.

Действие других закономерностей отражено в табл. 2.8.

Диалектические свойства функциональных систем. Циклическая модель

Рис. 2.18. Условия существования и закономерности развития функциональных систем.

Табл. 2.6. Различия между *дроблением РО* и *переходами «моно-би-поли…»*

Дробление РО	**Переходы «моно-би-поли…»**
Деление на части	Умножение частей
Делят РО, другие подсистемы сохраняются	Вместе с РО умножаются подсистемы
Все части раздробленного РО имеют одинаковые свойства и выполняют одну и ту же функцию (ГПФ) – ту же, что была до дробления.	В би- (поли-) системе каждая из объединённых систем выполняет сходную функцию, но имеет отличающиеся свойства или условия работы
П Р И М Е Р Ы	
Разделение сиденья стула на секции	Сдвоенные, строенные и т.д. стулья (напр., в театре)
Разделение полости сумки на секции	Сдвоенный чемодан – для одежды и для мелких вещей
Разделение страницы на зоны; таблица	Многостраничная книга
Дверь/окно, разделённые на части	Сдвоенные рамы, двойные двери (запорная и утеплительная)
Очки с множеством отверстий в непрозрачном материале	От монокля и трубы – к очкам и биноклю. Бифокальные очки
Экран телевизора, разделённый на зоны	Полиэкран из двух и более мониторов
Разделение на секции камеры автомобильного колеса. При движении все камеры в равной мере участвуют в работе	Установка сдвоенных колёс на ось или дополнительные пары колёс на отдельную ось. Включаются в работу при увеличении нагрузки
Разделение печной трубы перегородкой	Две печные трубы вместо одной (вторая – каминная)
Разделение купола зонтика на секции	Установка двух/трёх лезвий в бритвенный прибор
Д Е Л Е Н И Е	У М Н О Ж Е Н И Е

Табл. 2.7. Различия между *расширением функциональности* и *повышением универсальности*

Расширение функциональности	**Повышение универсальности**
Характерно для этапа развёртывания ФС.	Характерно для этапа свёртывания ФС
Сохраняется исходная ГФ	У системы появляются новые ГФ
Новые функции обеспечиваются за счёт ресурсов исходной системы	Новые функции обеспечиваются за счёт объединения ресурсов разных систем
П Р И М Е Р Ы	
Дополнение миксера насадками для перемешивания разных продуктов	Объединение миксера с мясорубкой в кухонную машину
Дополнение пылесоса насадками для чистки/мойки ковров	Дополнение пылесоса пневмо-приспособлением для побелки
Снабжение отвёртки набором бит Дрель с комплектом свёрл и бит	Монтёрский нож/щипцы/отвёртка Инструмент десантника
Встраивание в печь духовки	Использование печи как стены
Применение зонта как трости	Встраивание в зонтик стилета
Три в одном: принтер, факс, телефон	Два в одном: принтер и сканер
Эспандер для разных групп мышц	Тренажёрный комплекс с бассейном и солярием
Д О П О Л Н Е Н И Е	О Б Ъ Е Д И Н Е Н И Е
Общность: повышение идеальности благодаря росту числа полезных функций	

Табл. 2.8. Примеры действия закономерностей развития систем.

	ЗРС (полное название)	Примеры
1.	Развёртывание частей ФС со вспомогательными функциями	Рост численности обслуживающего персонала на предприятии, дополнение стеллажами складских помещений Добавление в прибор компонентов, повышающих надёжность
2.	Повышение степени динамичности	Цельные → складные→ гибкие инструменты Жесткий → гибкий техпроцесс / график работы
3.	Повышение степени управляемости	Руль обычный → с гидроусилителем → с электроусилителем Введение в схему отрицательной обратной связи Материальное → моральное → творческое стимулирование
4.	Повышение степени вепольности	Механический смеситель → плюс вибрации → плюс ультразвук
5.	Повышение степени полноты подсистем	Блокировка колеса внешним → внутренним приводом колесо → мотор-колесо
6.	Дробление рабочего органа	См. табл. 2.6

7.	Расширение функциональности	См. табл. 2.7
8.	Согласование частей системы	Дополнение фар автомобиля поворотниками, отслеживающими повороты дороги Совмещение руля с крыльчаткой двигателя в катере
9.	Переход «моно-би-поли-моно»	См. табл. 2.6
10.	Повышение степени автономности частей ФС	Контроль изделий в ОТК → контроль на рабочих местах
11.	Повышение уровня самообслуживания ФС	Оборудование станка устройством периодической автосмазки Введение функции контроля давления в шинах автомобиля
12.	Вытеснение человека из ФС	Ручной труд → механизация → автоматизация с контролем → полная автоматизация (множество примеров)
13.	Объединение функциональных систем	В том числе – по принципу моно-би-поли В том числе – альтернативных ФС
14.	Повышение степени пустотности	Сплошной кирпич → шлакоблок, пенобетон Миниатюризация «начинки» прибора при сохранении габаритов

15.	Повышение универсальности	См. табл. 2.7
16.	Переход ФС (части ФС) на микроуровень	Превращение сложной системы в моноблок позволяет наращивать сложность наряду с упрощением на блочном уровне
17.	Повышение степени свёрнутости ФС	Разрыв эл.цепи: измерением предельного тока, с помощью реле → обнаружением, термопарой → элементом с памятью формы
18.	Переход функции ФС в надсистему	Вентиляторы+обогреватели+охладители → кондиционер Кондуктор → касса самообслуживания → компостер → транспортный налог со свободным проездом
19.	Корректирующее действие надсистемы	Ускоряющее – за счёт привлечения дополнительных ресурсов Тормозящее – за счёт изъятия необходимых ресурсов
20.	Развитие вида взаимодействия	Механика → гидравлика → пневматика → … → эл.-магн. поле как основа принципа действия множества технологий
21.	Повышение степени идеальности ФС	Все предыдущие примеры

Раздел 2.5

Понятийная база ТРИЗ. Инструментальный подход

Основные проблемы формулировки определений. Системно-функциональный подход к определению терминов и понятий, применяемых в ТРИЗ и технологиях, построенных на базе ТРИЗ. Полные и краткие определения. Словарь основных терминов и определений.

Работа над определением понятий – весьма кропотлива. И в рамках ТРИЗ ею в разное время занимались многие специалисты. Однако вряд ли эту работу когда-нибудь можно будет считать законченной.

В чём же суть проблематики?

Проблема с научных позиций

ТРИЗ как система знаний формируется и развивается уже более 65 лет. Почтенный возраст! За это время устоялась большая группа вполне конкретных понятий, часть из которых сходна с общенаучными, часть – специфична для ТРИЗ. Можно ли сказать, что все эти понятия сложились в единую систему? И да, и нет. Да – потому, что в результате объединения подходов, неоднократно перечислявшихся в предыдущих разделах, возник системный эффект в виде необычного (а значит – нового) взгляда на мир, породившего в свою очередь алгоритмические методы творчества. Нет – потому, что некоторые понятия до сих пор плохо согласованы друг с другом или даже противоречат одно другому. Не говоря уже об их нечеткости.

Пример 1.

В классической ТРИЗ объект функции технической системы (*«изделие»*) является частью этой системы:

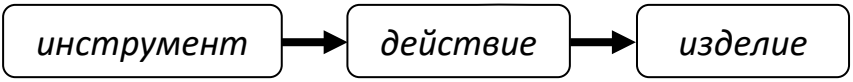
«ТС для перевозки расплавленного доменного шлака включает железнодорожную платформу, ковш, расплавленный шлак» [1, с. 145].

Техническая система для затвердевания смеси при строительстве здания (*изделие* – бетон, *инструмент* – опалубка) «включает бетон (смесь), опалубку (форму), подъемное устройство» [5, с. 110].

«Техническая система для измельчения мяса включает ножевое лезвие, отверстия в решетке и мясо» [5, с. 193].

«Система состоит «из теплового поля (ИЭ, ОУ), биметаллической пластинки (Дв, Тр, РО) и крышки (Изд)» [6, с. 93].

Однако функциональный подход (кстати, описываемый в одной из упомянутых работ [5, с. 139-224]), давно ставший неотъемлемой частью ТРИЗ, однозначно указывает: *изделие* как объект функции *инструмента* всегда находится вне *инструмента.* В противном случае *инструмент* оказывается предназначен для обработки… самого себя. А «техническая система для…» и есть не что иное, как *инструмент*.



Пример 2.

Даже понятие “*система*“ – одно из важнейших в ТРИЗ понятий – весьма неоднозначно и допускает многочисленные толкования.

Так, в Справочнике терминов ТРИЗ [8] под системой понимается «характеристика отношений в рассматриваемой среде; то, что различается как система». **(?!)**

Если рассматривать само определение в качестве инструмента, можно сформулировать его главную функцию:

определение идентифицирует термин.

Иными словами, определение приравнивает неизвестное, непонятное слово или словосочетание к известному и понятному слову или словосочетанию. Отсюда, в частности, следует недопустимость выражать термин через самого себя *(«система – то, что различается как система»)* или через часть себя (к примеру, *«стул – это ножки стула, на которых крепится сиденье», или «функция – это действие инструмента на изделие»*[17]).

Правда, там же [8] даётся пояснение:

«Система существует, пока существует отношение. То есть, пока существует взаимодействие (комплекс взаимодействий) и, соответственно, процессы преобразования движения. По сути, древнегреческая "система" и русское «отношение» – это синонимы… Понимание системы как отношения позволяет понять природу т.н. "системного свойства". Последнее, будучи этим самым отношением, не может быть, естественно, присуще элементам системы, то есть оно не сводимо к их "свойствам". Однако предсказуемость типа и состава системы, а также протекающих в ней процессов делает её "свойство" выводимым из "свойств" её элементов как системный эффект. Хотя, на самом деле, есть просто эффект как следствие возникновения системы».

Такое определение, будучи весьма интересным с философской точки зрения, вряд ли можно считать рабочим.

Пример 3.

В том же Справочнике при рассмотрении понятия «моделирование» совершенно справедливо указывается, что оно «обычно выполняется как построение системы» [утверждение «а» - А.К.], а сам «термин "моделирование" отражает тот факт, что мышление человека всегда имеет дело только с формируемыми мозгом моделями бесконечно

[17] Поскольку приведенное некорректное определение функции зачастую встречается в литературе, поясним ещё раз. Стул = сиденье+ножки+спинка; функция = инструмент+действие+изделие. Сказать «стул – это ножки…» или «функция – это действие…» означает приравнять целое к его части.

сложной реальности, отражающими лишь некоторые, хотя и существенные для нас стороны явлений» [утверждение «б» - А.К.]. А буквально в соседнем предложении говорится, что «процессы происходят только в системах, а системы существуют постольку, поскольку существуют процессы» [утверждение «в» - А.К.]. Но из утверждений «а» и «б» следует, что – в отличие от процессов и устройств как материальных объектов – системы в реальном мире не существуют, они как абстракции «существуют» (в кавычках) только в нашем воображении. Т.е. утверждение «в» противоречит утверждениям «а» и «б».

Причина несогласованности, противоречивости и нечеткости понятий, по-видимому, в том, что строгое, полезное для науки (а значит – стимулирующее развитие научной мысли) определение не может быть дано на интуитивном уровне. Нельзя заниматься составлением определений, не обосновав предварительно методику, которая для этого будет использована, не выработав алгоритма, отражающего технологию определений.

Проблема традиций

Бережное отношение к традициям – один из важнейших признаков культуры. Это относится и к терминам, введённым основателями в разных науках. Однако развитие науки или культуры может вести к несовместимости старого термина с новым диапазоном его применения или уровнем знаний.

Пример 4.

Изначально ТРИЗ создавалась как методология совершенствования техники, и её притязания сознательно ограничивались понятием «техническая система». Однако успешный перенос подходов ТРИЗ в искусство, социологию, философию делает применение этого термина во многих случаях неуместным: *техническая система «Семья» для…* (?!).

Пример 5.

Успешность расширения применимости ТРИЗ непосредственно связана с тем, что методологическая основа ТРИЗ – «законы развития технических систем» – проявление более общих «диалектических

свойств мироздания». Это заставляет в технологиях на базе ТРИЗ отказаться не только от слова «технический», но и от слова «закон», т.к. речь идёт о статистически обнаруживаемых закономерностях, объективных направлениях развития.

В таких случаях целесообразно совместное применение более узкого и более широкого понятий, что позволяет подчеркнуть их преемственность.

Проблема конъюнктуры

Как и утверждал Генрих Саулович Альтшуллер, вместе с признанием эффективности ТРИЗ будет подвергаться искажениям и профанации. Причём не только со стороны увлечённых и бескорыстных доброхотов, но и со стороны тех, для кого ТРИЗ становится основой бизнеса.

Давайте сразу избавимся от неточностей перевода. Большинство считает, что слово «бизнес» в английском языке соответствует русскому слову-понятию «дело». Это правильно при переводе с русского на английский. Однако в обратном переводе – с английского на русский – слову «бизнес» соответствует понятие «делание денег». Ни один уважающий себя серьёзный учёный или инженер не назовёт своё Дело бизнесом.

Не удивительно поэтому стремление ряда специалистов по ТРИЗ приспособить понятия под собственную бизнес-нужду с целью заполучить клиентов. Так любовь становится «формой товарно-денежных отношений», а ТРИЗ – «технологией развития бизнеса».

Но теория (и ТРИЗ в том числе), порождая очередную технологию, сама к ней никогда не сводится. Так же, как любая технология не может сводиться к простому воспроизводству теоретической базы – в этом случае она бы ничего не стоила. И

по этому поводу Г.С.Альтшуллер высказывался совершенно однозначно: «Создавая что-то новое, не называйте это старым именем!» И здесь самое честное, не предавая память Генриха Сауловича и в то же время не теряя «бренда», называть свои технологии «*Нечто* на основе ТРИЗ» и уже в их рамках при необходимости дорабатывать нужные термины и определения.

Проблема образования и популяризации

Пожалуй, эта проблема – наиболее серьёзна, поскольку в неё «втекают» предыдущие проблемы и она затрагивает больше народа, чем остальные проблемы в сумме. Ведь вполне закономерно «как бы ТРИЗ» проникает не только в вузы, но и в школы, и в детские сады. И чаще всего – в искажённом или даже неузнаваемом виде.

В основе этой проблемы лежат наши общие «знакомые»: несогласованность, амбициозность, недоученность, безответственность, и… один из приколов Ходжи Насреддина.

Несогласованность работы разных школ ТРИЗ во многом связана с амбициозностью их некоторых представителей. Отсюда – понятийная и терминологическая неразбериха. Эту неразбериху недоученные последователи разных школ безответственно несут в массы. А массы в итоге получают больше звона о ТРИЗ, чем её содержания, подобно запаху плова и звону монет в известной притче о Насреддине.

Наиболее распространено это явление именно в педагогической среде.

Пример 6.

Многие учащиеся надолго остаются с уверенностью, что метод фокальных объектов и другие методы фантазирования – это и есть ТРИЗ, хотя к ТРИЗ это относится, как трап к судну (заметно облегчая вход).

Пример 7.

Один из наиболее излюбленных инструментов у педагогов – системный оператор. Вслед за учителем дети с удовольствием заполняют его «окна», при этом даже не зная, что делать это бессмысленно, если предварительно не задана главная функция системы.

Продвижение «как бы ТРИЗ» в нетехнические сферы затрудняется прямолинейностью восприятия ряда важнейших понятий.

Пример 8.

Многих гуманитариев «физическое» и «техническое» противоречия просто отпугивают своими названиями. Но ни разу не было случая, чтобы кого-то отпугнуло название, соответствующее сущности понятия (взаимоисключающие *требования* к объекту – это противоречие *требований*; рассогласованность ситуационных *условий* – это противоречие *условий*).

Сегодня у каждого – своё понимание ТРИЗ. Оно станет единым, как только разработчики, преподаватели, пользователи и популяризаторы перешагнут через общий порог корректных определений.

Нет понятия без Понятия, а определение – его порог.

Проблема определений

Существуют разные виды и способы определений: полные и краткие, строгие и произвольные, научные и религиозные, явные и неявные, от общего к частному и наоборот. Для решения обозначенных выше проблем необходимо два вида определений:

1 – полное, строгое, научное, явное, от общего к частному;

2 – краткое, согласованное с первым.

Значимость первого не требует обсуждения. Второе же полезно и пользователю, и преподавателю для простоты запоминания и усвоения сущности понятий. При этом с исчезновением полноты и строгости определения возникает риск

потери его корректности. Следовательно, необходимо позаботиться об устранении этого противоречия.

Пример 9.

Одним из способов согласования кратких и полных определений является развёртывание краткого определения до полного через другие понятия, раскрытые в данном глоссарии:

Функция = способность *инструмента*.

Инструмент (в ТРИЗ – носитель функции) = средство *действия* на *изделие* (в ТРИЗ – объект функции).

Действие = изменение *свойства*.

Свойство = обобщённая (воспроизводимая) особенность.

Итак:

Под функцией в ТРИЗ понимают способность её носителя изменять обобщённую особенность её объекта.

Разумеется, возможны и другие вполне корректные определения этого важнейшего и многопланового понятия.

В частности, именно из-за такой возможности в самых разных науках определения оказывались причиной споров и раздоров.

Вспомним замечательный пример из фильма «Огонь, вода и медные трубы»: «Палка есть безначальное или бесконечное?». Позиции бесплодно отстаивались путём свободных рассуждений. Но раздоры прекратились, как только в основу рассмотрения был положен универсальный для обеих позиций метод.

Только подходящий метод способен обеспечить корректность и неоспоримость определений. Для этого он должен отвечать следующим требованиям:

- ✓ соответствие научным нормам, чем обеспечивается доказательность применения
- ✓ родственность определяемой области знаний, чем обеспечивается удобство применения
- ✓ наглядность, чем обеспечивается общедоступность применения.

При этом, разумеется, должны соблюдаться общие требования к определению понятий: соразмерность по объёму (охвату) с самим понятием, отсутствие двусмысленностей, зацикливания, отрицательности.

Главный признак наличия Метода определений – его инструментальность. Выбор конкретных инструментов не может быть случаен: он должен опираться на ядро определяемой системы знаний.

Пора переходить к выбору метода определений.

Метод определений

Ядром современной ТРИЗ является системно-функциональный подход к рассмотрению объектов анализа и синтеза. Это означает, что само определение должно (рис. 2.19) рассматриваться как система, выполняющая заданную функцию (функциональная система), т.е. указывать место понятия в ТРИЗ как надсистеме, назначение понятия и его содержание (состав):

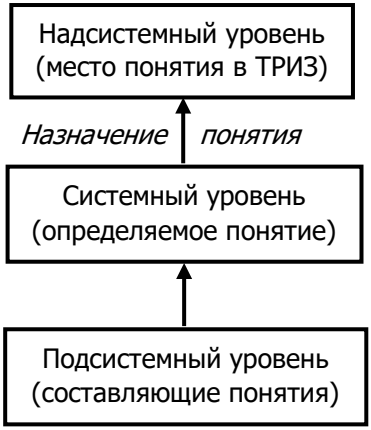


Рис. 2.19. Структура определения понятий.

Назначение функциональной системы (ФС) отражается её главной полезной функцией (ГПФ). Таким образом, формула определения понятий должна содержать в качестве обязательных составляющих следующие:

Понятие = НС-признак + ГПФ + перечень основных ПС

Надсистемный признак указывает, к какому классу (к какой группе) относится определяемое понятие; главная полезная функция описывает назначение понятия, его роль в выделенной группе; подсистемы отражают, с помощью чего конкретно эта роль выполняется.

Разумеется, для взаимоувязки элементов определения в каждом случае требуется литературная обработка.

Пример 10

Определение понятия «функциональная система»:

Функциональная система в ТРИЗ – это ***модель объекта,***	НС-признак
описывающая такую ***совокупность компонентов, которая способна выполнить заданную функцию***	ГПФ (роль)
благодаря ***взаимодействию всех своих компонентов*** (подсистем)	ПС (обеспечение)

Так можно получить полные и строгие определения. Но, как уже говорилось выше, для освоения и запоминания и пользователю, и преподавателю нужны также краткие определения. При этом с исчезновением полноты и строгости возникает риск потери их корректности.

В примере 9 приведен один из способов согласования кратких и полных определений – «от краткого – к полному». Но его применение невозможно без уверенности в том, что исходное

краткое определение корректно и гарантированно выведет на полное определение, что в свою очередь зависит от полноты и корректности общей базы терминов и определений.

Это противоречие может быть преодолено, если краткие определения получены путём корректного свёртывания полных. Тогда становится возможным обратный процесс: получение полных определений путём развёртывания кратких. Такое развёртывание должно происходить путём естественных расширений, почти само.

По аналогии с идеальными системами, саморазвертывающиеся определения можно считать идеальными.

Пример 11.

Краткое определение понятия «функциональная система», полученное путём свёртывания полного определения из примера 10:
ФС – модель объекта; совокупность, порождающая функцию.

Однако для того, чтобы дать определение инструментам (методам, алгоритмам, технологиям на базе ТРИЗ), этого недостаточно. Нужно ещё отметить, каким путём достигается выполнение ГПФ, т.е. указать принцип действия (ПД) инструмента. А принцип действия, в свою очередь, характеризуется рабочим органом (РО), входящим в состав подсистем.

Таким образом, формула определения инструментов ТРИЗ должна содержать в качестве обязательных следующие составляющие:

Инструмент ТРИЗ (метод, приём, алгоритм) =
= НС-признак + ГПФ + перечень основных ПС + ПД

Пример 12.

Определение инструмента «матрица взаимодействий»:

Матрица взаимодействий – аналитическая процедура системно-функционального анализа /НС-признак/, *предназначенная для выявления функций* /ГПФ/ *всех компонентов системы и связанных с ними компонентов надсистемы, сведённых в диагонально симметричную таблицу* /перечень ПС включая РО/, *путём попарного выявления взаимодействий между ними и оценки значимости этих взаимодействий* /ПД/.

Разумеется, подобные определения, обладая корректностью и достаточной полнотой (дальнейшее их расширение приведёт к описанию методики пользования инструментом), могут оказаться довольно громоздкими. Однако их составление позволяет увидеть, не «выплеснут ли ребёнок» в определении, сделанном в той или иной мере упрощенно - вплоть до краткого.

Пример 13.

Краткое определение «матрицы взаимодействий»:

Матрица взаимодействий – попарный обнаружитель функций компонентов системы.

Очень серьезный вопрос: что надо определять, а что не надо. Согласно принципу Оккама, вводить новые определения необходимо только в тех случаях, когда:

- требуется акцентировать отличие понятия, принимаемого в ТРИЗ, от общепринятого;
- используемое в ТРИЗ общепринятое понятие определено недостаточно четко, и необходимо его уточнение.

Приведенные в Приложении (табл. П2) определения выполнены по описанному принципу. Список определяемых терминов (табл. П1) не претендует на полноту. Он охватывает лишь часть системы знаний на основе ТРИЗ, рассмотренную в этой книге.

Список литературы

К разделу 2.5

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. – 3-е изд., дополненное. – Петрозаводск: Скандинавия, 2003. – 240 с.
2. Кислов А.В. Инструментальный подход к формированию понятийной базы ТРИЗ. – в сб.: Три поколения ТРИЗ / Материалы ежегодной конференции. – Спб.: РА ТРИЗ, РОО «ТРИЗ-Петербург». – 2015, с. 95-102.
3. Кислов А.В., Пчелкина Е.Л. Задачи для изучающих ТРИЗ / Изд. 2, перераб. и доп. – М.: КТК «Галактика», 2018. – 110 с. ил.
4. Кислов А.В., Пчелкина Е.Л. Новые задачи для изучающих ТРИЗ. – М.: КТК «Галактика», 2018. – 136 с. ил.
5. Поиск новых идей: от озарения к технологии (теория и практика решения изобретательских задач). / Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, Ф.И.Филатов. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. – 381 с.
6. Саламатов Ю.П. Как стать изобретателем: 50 часов творчества: Кн. Для учителя. – М.: Просвещение, 1990. – 240 с.
7. Селюцкий А.Б., Тригуб А.В. Краткий толковый словарь терминологии ТРИЗ. – Петрозаводск, 2009.
8. Энциклопедия ТРИЗ. Справочник терминов ТРИЗ-ОТСМ. – http://coroliov.trizinfor.org/enc/ee8.html .

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Используемые понятия, термины и определения

Табл. П1. Алфавитный указатель терминов и понятий

	Понятия, термины и аббревиатуры (если приняты)		**Порядковый № в табл. П2**
А	Анализ развития объекта	-	**40**
	Априорная классификация возможных концептуальных направлений	АК ВКН	**47**
	Алгоритм решения изобретательских задач	АРИЗ	**50**
В	Веполь		**34**
Г	Главная (полезная) функция	Г(П)Ф	**15**
Д	Детский АРИЗ	ДАРИЗ	**51**
	Действие		**2**
	Диагностическая модель	ДМ	**36**
З	ЗРС-анализ/синтез	ЗРС-АС	**46**
И	Идеальный конечный результат	ИКР	**33**
	Изделие	Из	**7**
	Инструмент	Ин	**6**
	Исходная ситуация	ИС	
К	Компонент		**11**
	Конфликтующая пара	КП	**28**
М	Матрица взаимодействий	МВ	**35**
	Многомерный ИКР	МИКРо	**52**
	Модель		**5**
	Модель задачи	МЗ	**27**
Н	Надсистема	НС	**18**
О	Оперативное время	ОВ	**30**
	Оперативная зона	ОЗ	**29**
П	Параметр		**4**
	Подсистема	ПС	**17**
	Признак		**3**
	Причинно-следственная модель	ПСМ	**37**
	Причинно-следств. анализ недостатков	ПС-АН	**41**
	Противоречие требований	ПТ	**32**
	Противоречие условий	ПУ	**31**

Табл. П1 (продолжение)

	Понятия, термины и аббревиатуры (если приняты)		**Порядковый № в табл. П2**
С	Свёртывание		**49**
	Свойство		**1**
	Система		**13**
	Системная вертикаль	СВ	**19**
	Системная горизонталь	СГ	**20**
	Системный оператор	СО	**21**
	Системно-функциональный анализ	СФА	**42**
	Структура		**10**
Т	Теория решения изобретательских задач	ТРИЗ	**38**
	Технология развития функцион.-х систем	ТРФС	**39**
У	Универсальная мыслительная операция	УМО	**25**
Ф	Функциональная модель	ФМ	**24**
	Функциональная система	ФС	**14**
	Функциональная цепь	ФЦ	**23**
	Функционально-диверсионный анализ	ФДА	**45**
	Функционально-идеальный синтез	ФИС	**44**
	Функционально-морфологический синтез	ФМС	**43**
	Функционально-потоковый анализ/синтез	ФП- АС	**48**
	Функциональные части ФС		**16**
	Функциональный портрет	ФП	**22**
	Функция		**8**
Э	Элемент		**12**
	Эффект		**9**

Табл. П2. Определения встречающихся в книге терминов и понятий, применяемых в ТРИЗ и технологиях на основе ТРИЗ

Аббревиатуры в шапке таблицы:
НС – надсистемный; ГФ – главная функция, ПД – принцип действия, ПС - подсистемы

№ п / п	ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
1.	Свойство	Характеристика объекта (группы объектов)	отражающая его (их) особенность	путём обобщения воспроизводимых однородных признаков	Обобщенная воспроизво-димая осо-бенность	Форма, размер, цвет, запах, рост; подвижность
2.	Действие	Внешнее проявление объекта	состоящее в изменении свойства другого объекта	за счет собственного свойства или сочетания свойств.	Изменение свойства	Окрашивает, перемещает, тормозит
3.	Признак	Характеристика свойства или действия	позволяющая отличить его от других объектов данной группы	благодаря своей устойчивости или повторяемости в группе (при оценке)	Характери-стика свойства / действия	Круглый, мелкий, си-ний, пряный, низкий; малоподвижный. Ярко, быстро, резко

Примечание. Простые примеры сочетания свойств (с)/действий (д) и признаков (п).
Этот фрукт – круглый (п) по форме (с), мелкий (п) по размеру (с), синего (п) цвета (с), с пряным (п) запахом (с).
Маляр ярко (п) окрашивает (д) стену, быстро (п) перемещая (д) кисть.

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
4.	Параметр	Степень проявле-ния признака свойства или действия	характеризующая их количественно	по результату измерения или оценки.	Мера свойства или действия	Диаметр 1 см; цифровые координаты цвета; скорость 60 км/час;
5.	Модель	Представление об объекте рассмотрения	выполняемое для осознания или лучшего понимания его сути,	включающее описание и/или изображение наиболее существенных его особенностей.	Отображе-ние объекта	Модель молнии – электрический разряд в диэлектрике. Модель планеты - глобус
6.	Инстру-мент (Ин)	Любой объект	предназначенный для воздействия на другой объект	с целью изменения его свойств.	Носитель функции	Молоток, рука, электрическое поле
7.	Изделие (Из)	Любой объект	подлежащий изменению	под действием инструмента.	Объект функции	Гвоздь, молоток, диэлектрик

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
8.	Функция	Модель влияния одного объекта (носителя функции, «инструмента») на другой объект (объект функции, «изделие»)	описывающая изменение одного из свойств «изделия»	путём указания действия и объекта, на который оно направлено.	Назначе-ние или способ-ность инстру-мента	Вал вращает шестерню.. Ваза удерживает цветок. Электрическое поле ионизирует диэлектрик. *См. «эффект»*
9.	Эффект	Модель события	описывающая совокупность действия (причины) и реакции на него (следствия)	наблюдаемого и воспроизводящегося при определённых условиях в виде изменения свойства.	Реакция на действие	Изменение проводимости диэлектрика под действием электри-ческого поля. *См. «функция»*

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
10.	Структура	Модель объекта	описывающая порядок подчиненности его частей (от высшего к низшему, от большего к меньшему, от общего к частному)	путем отображения компонентов и связей (командных в административной модели; позиционных в модели пространственной; функциональных).	Иерархия компонентов	Вентилятор включает крыльчатку и корпус, корпус включает подставку и мотор, мотор включает …
11.	Компонент	Часть целого	которая может быть отделена от него	благодаря наличию собственной функции.	Функциональная часть	Крыльчатка вентилятора
12.	Элемент	Часть целого	выделяемая в его модели	как неделимое (не подлежащее дроблению в процессе рассмотрения).	Неделимый компонент	Крыльчатка, подставка

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
13.	Система	Модель объекта	описывающая такую совокупность взаимосвязанных частей	которая имеет свойства, не сводящиеся к свойствам частей.	Совокуп-ность, поро-ждающая свойство	Автомобиль способен перемещаться
14.	Функцио-нальная система (ФС)	Модель объекта	описывающая такую совокупность взаимодействующих частей (*компонентов*)	которая способна выполнить заданную или рассматриваемую функцию.	Совокуп-ность, поро-ждающая функцию*	Автомобиль – ФС для перемещения пассажиров и грузов
15.	Главная (полезная) функция ФС (ГФ)	Функция	соответствующая основному назначению ФС	направленному на внешний по отношению к ней объект.	Назначение ФС; модель назначения объекта	ГФ грузовика – перемещать груз

*Другое краткое определение ФС: Структурированный инструмент.

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
16.	Функцио-нальные части ФС	Компоненты *функциональной системы*	совокупность которых обеспечивает её полноту как одно из условий существования и работоспособности	обобщенно называе-мые источником энергии, преобразова-телем энергии, трансмиссией, рабо-чим органом и орга-ном управления.	Обобщен-ные компо-ненты	Функц. части ФС для перемещения груза: источн. энергии - бензин, преобр.-тель - двигатель, трансмиссия – механич. привод + колёса + часть дороги + снова колёса + рама, раб. орган – кузов, орган управл. – водитель + совокупность узлов и приборов управления
17.	Под-система (ПС)	Часть *функциональной системы*	способствующая выполнению её главной функции	путём реализации функций одного или нескольких своих компонентов	Группа компонен-тов	Подсистемы ФС для перемещения груза: кузов, двигатель, кабина с водителем, ходовая часть
18.	Над-система (НС)	Часть *структуры*, включающая рас-сматриваемую ФС	способствующую реализации её назначения	путем выполнения собственной полезной функции.	Группа ФС	Надсистема авт.-ля – дорожно-транспортн. структура

Табл. П2. Продолжение.

№ п/п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
19.	Системная вертикаль (СВ)	Модель структуры объекта, рассматрива-емого как ФС,	отражающая функциональную связь между разными иерархическими уровнями –	от подсистемных до надсистемных – путём указания направленности их функций		
20.	Системная горизон-таль (СГ)	Модель развития объекта, рассматрива-емого как ФС,	отражающая этапы развития из прошлого через настоящее – в будущее	путём указания для каждого этапа ведущих функциональных недостатков и закономерностей их преодоления		
21.	Системный оператор (СО)	Модель развития структуры объекта,	отражающая смену системных вертикалей в процессе поэтапного устранения недостатков	на системном, подсистемном и/или надсистемном уровнях благодаря действию конкретных закономерностей развития систем		

Табл. П2. Продолжение.

№ п/п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
22.	Функцио-нальный портрет (ФП)	Модель объекта,	отображающая назначение его компонентов	путём перечисления их полезных функций*	Перечень функций компонен-тов	ФП ножа для хлеба. ГФ: нож разделяет хлеб Ручка удерживает лезвие Лезвие разделяет хлеб
23.	Функцио-нальная цепь (ФЦ)	Модель объекта или ситуации	отображающая взаимодействие выделенных элементов	через взаимосвязь полезных и вредных функций**	Образ связанных функций	ФЦ показывает графически отношения причинности между её элементами
24.	Функцио-нальная модель (ФМ)	Модель объекта	отображающая роль его компонентов	путём определения их полезных и вредных функций, а также вклада полезных функций в реализацию назначения объекта	Декомпо-зиция значимости функций	Выполняется в табличной форме или в форме топологической структуры

*Полезная функция – функция, способствующая реализации назначения объекта.

**Вредная функция - функция, мешающая реализации назначения объекта и/или вызывающая другие нежелательные эффекты.

Табл. П2. Продолжение.

№ п/п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ			ПРИМЕЧАНИЯ
		НС-признак	ГПФ (назначение)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)	
25.	Универсальная мыслительная операция (УМО)	Элемент ТРФС,	предназначенный для прояснения ситуации	путём семантического преобразования её модели	
26.	Исходная ситуация (ИС)	Элемент ТРФС,	предназначенный для первичного описания задачи	с указанием обстоятельств её возникновения	Предшествует переходу к УМО
27.	Модель задачи (МЗ)	Элемент ТРФС,	служащий для выделения сущности изобретательской ситуации	путём исключения из ИС вторичной информации и формулировки требования устранить конкретный конфликт	УМО
28.	Конфликтующая пара (КП)	Элемент ТРФС,	служащий для конкретизации конфликта	путём выделения только двух его главных участников	УМО
29.	Оперативная зона	Элемент ТРФС,	Служащий для локализации конфликта	путём уточнения непосредственного участка его возникновения	УМО
30.	Оперативное время	Элемент ТРФС,	Служащий для локализации конфликта	путём уточнения промежутков времени его существования	УМО

Табл. П2. Продолжение.

№ п/п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ			ПРИМЕЧАНИЯ
		НС-признак	ГПФ (назначение)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)	
31.	Противо-речие условий (ПУ)	Модель конфликта,	служащая для описания двух альтернативных условий его возникновения,	когда попытка улучшить одну характеристику рассматриваемого объекта ведёт к недопу-стимому ухудшению второй (условие-1), и наоборот – улучшение второй недопустимо ухудшает первую (условие-2)	УМО Исходный термин: техническое противоречие
32.	Противо-речие тре-бований (ПТ)	Модель конфликта,	описывающая ситуацию, кажущуюся тупиковой,	когда к свойству, действию или функции объекта обоснованно предъявляются два противоположных, взаимоисключающих требования	УМО Исходный термин: физическое противоречие
33.	Идеальный конечный результат (ИКР)	Модель проблемной ситуации,	описывающая такое представление о решении проблемы,	при котором нужное для этого изменение происходит само	УМО Встречающийся аналог: идеальное конечное решение
34.	Веполь	Модель проблемной ситуации,	способствующая поиску решения	схематическим отображением и достройкой взаимодействующих веществ и полей в проблемной зоне	Образован из слов ***ве***щество и ***пол***е

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ПОЛНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ			КРАТКОЕ ОПРЕДЕ-ЛЕНИЕ	ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)		
35.	Матрица взаимо-действий (МВ)	Модель взаимосвязей между частями *структуры,*	предназначенная для выявления *функций* выделенных *компонентов*	путём их попарного рассмотрения	Попарный обнаружи-тель функ-ций компо-нентов	Как правило, служит частью *СФА* (см.) Выполняется в табличной форме
36.	Диагности ческая модель (ДМ)	Формальная часть аналитической процедуры (диагностичес-кого анализа),	предназначенной для определения путей возможного совершенствования моделируемого объекта	путём сопоставления и обобщающей оценки сравнительной роли его компонентов на базе его функциональ-ной модели	Оценка вклада компонен-тов ФС	Как правило, служит частью *СФА* (см.) Выполняется в графической или табличной форме
37.	Причинно-следствен-ная модель (ПСМ)	Графическая часть аналитической процедуры,	предназначенной для установления отношений причинности	между однородными компонентами (целями, событиями, достоинствами или недостатками объекта и пр.)	Схема причинных отношений	ПСМ недостатков, как правило, служит частью *СФА* (см.) Выполняется исключительно в графической форме

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ			ПОЯСНЕНИЯ, ПРИМЕРЫ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)	
38.	Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)	Учение о свойствах и закономерностях развития объектов, рассматриваемых как ФС	направленное на повышение эффективности творческой, изобретательской деятельности	путём выявления и мобилизации ресурсов с помощью комплекса моделей и принципов мышления	
39.	Технология развития функциональных систем (ТРФС)	Комплекс методических инструментов на основе ТРИЗ,	предназначенных для анализа, улучшения и/или синтеза ФС,	носящих преимущественно алгоритмический характер и применяемых по-отдельности или в различных сочетаниях	
40.	Анализ развития объекта (рассматриваемого как ФС)	Инструмент ТРФС,	предназначенный для выявления наиболее значимых этапов и тенденций развития структуры объекта,	как правило, с помощью СО	
41.	Причинно-следственный анализ недостатков (ПС-АН)	Методика анализа *ПСМН* проблемного объекта	с целью выявления слабых звеньев в цепи недостатков,	устранение которых позволит решить проблему минимальными усилиями	

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ			ПОЯСНЕНИЯ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)	
42.	Системно-функциональный анализ (СФА)	Группа аналитических инструментов ТРФС	служащая в целом для выявления недостатков объекта и постановки задач его улучшения	включающая составление и анализ ряда моделей – *СО,* ПМ *и* КСМ*, *МВ, ФМ, ДМ, ПСМ*	Некоторые модели заимствованы из ФСА**
43.	Функционально-морфологический синтез ФС (ФМС)	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для анализа процессов и постановки задач их улучшения	путём выявления преимуществ изменения порядка выполнения их частей	Свёрнутый вариант СФА
44.	Функционально-идеальный синтез ФС (ФИС)	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для синтеза процессов, не имеющих аналогов,	путём развёртывания намеченной ГФ ФС с чередованием моделей процессов и устройств	
45.	Функционально-диверсионный анализ (ФДА)	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для выявления недостатков функциональных моделей объектов	путём поэлементного анализа устойчивости критически значимых функций	

*ПМ и КСМ – потоковое и компонентно-структурное моделирование объекта (неспецифичны для ТРФС).
**ФСА – функционально-стоимостный анализ. СФА на базе ТРИЗ имеет ряд серьёзных отличий (системный подход, учет ЗРС, строгость формулировок функций, другие аналитические процедуры и т.д.).

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ			ПОЯСНЕНИЯ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)	
46.	ЗРС-анализ/синтез ФС (ЗРС-АС)	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для улучшения устройств и процессов	путём выявления ЗРС, ответственных за устранение недостатков развития ФС	Свёрнутый вариант СФА
47.	Априорная классификация возможных концептуальных направлений (АК ВКН)	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для выявления способов улучшения устройств и процессов	путём экспресс-анализа проблемных зон по ключевым признакам процедур ТРФС без их выполнения	Свёрнутый вариант ТРФС
48.	Функционально-потоковый анализ/синтез (ФП-АС)	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для улучшения устройств и процессов	непосредственно по виду их топологической структуры	Свёрнутый вариант ТРФС
49.	Свёртывание	Аналитическая процедура СФА,	предназначенная для выработки стратегии упрощения ФС	путём исключения её компонентов, функции которых могут быть исключены или перенесены на другие компоненты	Реализация этой стратегии обычно требует решения изобретательских задач свертывания

Табл. П2. Продолжение.

№ п / п	ПОНЯТИЕ, ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ			ПОЯСНЕНИЯ
		НС-признак (класс, группа)	ГПФ (назначение, роль)	ПД, ПС (обеспечение ГПФ)	
50.	АРИЗ (широкий ряд модификаций)	Алгоритмизиро-ванная технология на базе ТРИЗ,	предназначенная для решения изобретательских задач	с помощью *УМО*, приёмов разрешения противоречий, эффектов и классифицированных аналогов («стандартов»)	Используется как самостоятельно, так и в составе ТРФС
51.	ДАРИЗ	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для решения изобретательских задач	с помощью цепочки УМО и приёмов разрешения противоречий	Свёрнутый АРИЗ
52.	ЗРС-ИКР	Алгоритм ТРФС,	предназначенный для решения изобретательских задач	путём сочетания ИКР+ЗРС (и др. простейших УМО)	
53.					