

Михаил Орлов



ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ **ТРИЗ**



ПРОБЛЕМА

**Практическое руководство
для изобретательского мышления**

нового поколения управленцев, бизнесменов,
экспертов, аналитиков, инженеров
и специалистов-практиков различных направлений

СОЛОН-ПРЕСС

УДК 008
ББК 71
066

Орлов М. А.

066 Основы классической ТРИЗ. Практическое руководство для изобретательного мышления. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: СОЛОН-ПРЕСС. 2006. - 432 с: ил.

ISBN 5-98003-191-X

Рожденная в России, Теория Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ) сегодня быстро распространяется в мире. Все ведущие компании применяют ТРИЗ, например, Mitsubishi, Samsung, Hewlett Packard, General Electric, Siemens. Книга профессора Михаила Орлова, впервые выпущенная известным издательством Springer Verlag на немецком (Берлин, Германия, 2002) и английском (Нью Йорк. США. 2003) языках, представляет основные принципы и модели ТРИЗ. Автор книги обладает не только отечественным опытом, но и более чем 10-летним опытом ТРИЗ-консалтинга и чтения лекций во многих странах. Книга иллюстрирована многочисленными примерами (более 300) и рисунками (более 200) из российского и зарубежного опыта.

Книга может быть использована для самостоятельного развития систематического, направленного, изобретательного мышления как инженерами, так и инновативными менеджерами, бизнесменами, аналитиками, экономистами, психологами, преподавателями высших и средних школ в любых читаемых дисциплинах. Книга вполне доступна и несомненно полезна студентам и старшим школьникам.

УДК 008
ББК 71

КНИГА – ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-ПРЕСС» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из двух способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123242, Москва, а/я 20;
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя.

Желательно указать дополнительно свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-ПРЕСС», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «АЛЬЯНС-КНИГА КТК»

Тел: (495) 258-91-94, 258-91-95, www.abook.ru

Сайт издательства СОЛОН-ПРЕСС: www.solon-press.ru.

E-mail: solon-avtor@coba.ru

ISBN 5-98003-191-X

© Макет и обложка «СОЛОН-ПРЕСС», 2006
© М. А. Орлов, 2006

www.natahaus.ru

Посвящаю моему сыну Алексею
с любовью и уважением за его мужество,
целеустремленность и великодушие

Методика изобретательского творчества — не рецепт для создания изобретений. Она не заменяет и не подменяет технические знания.

Методика помогает применять знания с предельной эффективностью.

Изучение методики не гарантирует, что изобретатель превзойдет Попова или Эдисона.

Но ведь и изучение университетского курса не гарантирует, что студент со временем превзойдет Ньютона или Эйнштейна.

Генрих Альтшуллер.
Крылья для Икара. Петрозаводск, 1980

Презентация книги специалистом ТРИЗ

*10 февраля 2005.
Сувон, Южная Корея.*

Прошло чутЬ больше недели послЕ 5-дневноГо семинара-презентации профессора Михаила Орлова в Корейском Университете Технологии и Образования (Korea University of Technology and Education, Human Resource Development Institute) и лекции-презентации в Институте Перспективных Исследований Самсунг (Samsung Advanced Institute of Technology, Suwon, Korea).

Корейские специалисты ТРИЗ и мы, обучающие их российские специалисты, были знакомы с книгой автора, которую Вы держите сейчас в руках, но на английском языке, поскольку в 2003 году эта книга была выпущена известным издательством SPRINGER в Нью-Йорке, США, вскоре после первого выхода в 2002 году на немецком языке в Германии. И сначала на лекции мы увидели уже знакомые модели, авторскую версию АРИЗ, непривычно преобразованные ТРИЗ-таблицы. И тут же автор развернул два больших постера — полная структура классической ТРИЗ с одного взгляда! Слушатели семинара по достоинству оценили отличные иллюстрации принципов и фрагментов софтвера для психологической поддержки процесса генерации творческой идеи. Идея же создания коллективного банка ТРИЗ-примеров на основе единого стандартизованного представления этих примеров в формате предложенного автором Мета-Алгоритма Изобретения представляется весьма перспективной для любого предприятия вне зависимости от его численного состава и направления деятельности. И, наконец, авторский проект новой школы ТРИЗ под названием «Современная ТРИЗ Академия» (Modern TRIZ Academy), соединяющей науку и искусство применения ТРИЗ, мог бы послужить обединяющим началом для ее дальнейшего развития.

Автор предложил нам свои добрые практические примеры и увлекательные идеи, основанные на более чем 40-летнем личном опыте с ТРИЗ! И все это подкрепляется историческими аналогиями, установлением связи ТРИЗ-моделей с конструктивными представлениями творческого процесса, предложенными еще 100, 300, а то и все 2000 лет назад!

Такой авторский подход улучшает понимание классической ТРИЗ и будет интересен не только студентам, делающим

первые шаги в освоении ТРИЗ, но и опытным инженерам, которые используют ТРИЗ в своем творчестве. Полагаю, что не все разделы этой книги будут безоговорочно приняты ведущими ТРИЗ-специалистами, но ТРИЗ — молодая, развивающаяся наука и, на мой взгляд, автор вносит свой полезный вклад в распространение идей ТРИЗ, в увеличение доли талантливых людей в каждом поколении, говоря словами основателя ТРИЗ Генриха Альтшуллера. Он расширяет пространство и возможности творчества, отвоеванные первоначально ТРИЗ у прimitивной (негативной) практики поиска решений бессистемно, наугад, у все еще доминирующего невежества в истолковании и преподавании так называемых «теорий творчества» из до-тризовской эпохи.

Для сохранения невежественных представлений о природе и методах творчества не надо никаких усилий и не надо знать ТРИЗ. Действительно, невежество — одна из самых могучих «вредных машин». Я применяю эту метафору — «вредная машина» — как обобщенный образ любых негативных сил, мешающих созидательной деятельности человека. К сожалению, она — самая «идеальная машина» по терминологии ТРИЗ, поскольку «вредная машина» как бы не существует физически, но функционально и энергетически явно противодействует усилиям человека в его защите себя от стихийных воздействий, в усилении себя машинами и энергией, в познании мира и самого себя, в создании им гармонии и эффективности.

И все же должна побеждать и побеждает другая, поистине идеальная «машина» — человеческий разум, доброта, стремление к красоте и гармонии. Это нелегко. Прочтайте об этом книгу Генриха Альтшуллера «Как стать гением».

А сейчас я рекомендую ТРИЗ-книгу Михаила Орлова — независимого ТРИЗ-исследователя и разработчика, интересного и глубокого преподавателя и практика, всем тем, кто стремится стать инновативным, изобретательным. Полагаю, что многие идеи, представленные в этой работе, помогут читателю вносить в наш мир большие красоты и благополучия, радости новых творческих открытий.

Василий Леняшин

ТРИЗ специалист и консультант,
Samsung Advanced Institute of Technology,
Suwon, Korea

Предисловие автора к первому и второму изданиям на русском языке

Там где новое выводится из старого чисто логическим путем, нет изобретения.

Изобретение, от мала до велика, есть неминуемо скачок через логическую пропасть.

И если этот скачок совершается в здравом уме и твердой памяти, то это есть, столько же изобретение, сколько и откровение.

Петр Энгельмайер

1

Когда в 1963 году я познакомился с первой ТРИЗ-книгой [1] Генриха Сауловича Альтшуллера, трудно было предположить, что ТРИЗ станет делом моей жизни. Но это произошло. И хотя сегодня моя ТРИЗ-библиотека насчитывает не одну сотню публикаций разных авторов и, разумеется, почти все, что было опубликовано на русском языке за 40 лет, с той книжечкой я не расстаюсь и по сей день.

Мое восхождение к ТРИЗ было не простым, как и всякое восхождение к высокой горной вершине. Иногда казалось, что вершина уже достигнута, но это был всего лишь промежуточный пик. Иногда бездорожье уводило в сторону, где была надежда пройти более легким путем, не вникая в строгие требования ТРИЗ. И тогда не один год проходил без открытия новых перспектив в движении к ТРИЗ.

И все же со временем стало ясно, что восхождение к ТРИЗ стоит и усилий, и времени. Постижение ТРИЗ открывает мир невероятных возможностей, неизбежно выводит в миры эстетики и философии техники, наконец, расширяет ТРИЗ до беспредельных перспектив применения практически во всех сферах творческой активности — будь то научное исследование, техническое прогнозирование, управление развитием коллективов и технических систем, решение проблем обеспечения безопасности или воспитание детей детсадовского возраста.

¹ П. К. Энгельмайер (1855—1941) — выдающийся российский философ техники и инженер-механик. Цит. по книге "Теория творчества", 1910.

В середине 1980-х, работая над докторской диссертацией, я нашел достаточно простые математические категории для представления моделей ТРИЗ. И одновременно стало еще более ясно, что ТРИЗ не есть арифметическая или алгебраическая система. Решения по ТРИЗ не вычисляются по формулам. Всегда присутствует мощная интеллектуальная работа для выявления аналогий, создания метафорических и даже фантастических образов, придумывания новых структур и конструкций, не имеющих прямых логических аналогов. Для развития этих аспектов творчества были опробованы десятки альтернативных методов стимуляции воображения и генерации нетривиальных идей.

В итоге сложилось ясное представление о возможностях и ограничениях ТРИЗ.

Возможности ТРИЗ основаны на следующем:

- 1) ясное формулирование структуры проблемы, редуцирование ее к предельно упрощенной форме в виде бинарного противоречия (или нескольких противоречий) — этим актом ТРИЗ обеспечивает правильную диагностику проблемы, выявление ее действительной сути;
- 2) определение экторов (взаимодействующих элементов) проблемной ситуации и ресурсов, необходимых и достаточных для решения проблемы, для устранения противоречий во взаимодействиях экторов — это ТРИЗ-исследование позволяет, так сказать, оценить реальные силы «противников» и «союзников»;
- 3) выдвижение идеальных целей, мысленное идеальное моделирование нужных функций, требующихся от будущего решения — этим ТРИЗ стимулирует уход от стереотипного воздействия привычных решений, существующих в окружающих объектах;
- 4) использование опыта создания сотен тысяч эффективных изобретений для нахождения решения актуальной проблемы — ТРИЗ дает примеры таких решений в виде моделей перехода от состояния «было» к состоянию «стало» (приемов) и иллюстрирующих их примеров;



- 5) применение ТРИЗ-законов развития систем для стратегического выбора направления поиска идеи решения;
- 6) применение строгой дисциплинирующей методики пошагового анализа проблемы и синтеза идеи решения в виде так называемых алгоритмов решения изобретательских задач (АРИЗ).

Этим аспектам поддержки логической составляющей синтеза решения и посвящены основные страницы книги. Эти аспекты и составляют объективную основу классической ТРИЗ.

И все же часть книги посвящена также нашим работам в направлении поддержки интуитивной составляющей творчества. Мы ведем интенсивную разработку и тестирование софтвера для интеграции обеих составляющих реального творческого процесса.

Практическая направленность книги определила как стиль изложения теории — без академических или дидактических формализмов, — так и подбор примеров. Последнему автор уделил наибольшее внимание. Во-первых, примеры призваны убедительно показать надежность опытно-экспериментальной основы теоретических моделей — навигаторов мышления для решении новых задач. Во-вторых, примеры должны объективно отражать возможность и естественную неразрывность алгоритмической навигации мышления и эвристического творчества.

В целом многолетний опыт применения ТРИЗ позволяет сказать следующее.

Процесс создания новых систем и технологий основан на поиске инновационных идей. Создание крупных идей требуется как результат исследования и развития перспективных направлений. Ежедневно требуются большие и малые решения в проектной деятельности. Поиск идей является самым сложным и драматическим актом инновационных процессов. До настоящего времени нет учебных заведений, которые систематически и направленно учили бы ТРИЗ-методам создания новых идей. И ключевой проблемой для организации такого обучения является создание теоретических основ ТРИЗ-образования.

Любая деятельность вырастает из принципов ее организации. Поэтому в этой книге заложено несколько современных теоретических концепций ТРИЗ, принципиально важных для их эффективного практического применения, для самостоятельного изучения и для организации учебных ТРИЗ-курсов в тех или иных образовательных учреждениях.

Наши непрекращающиеся поиски новых выразительных представлений моделей ТРИЗ как бы поощряются известным высказыванием основателя ТРИЗ о том, что решение изобретательских задач требует неолько новых знаний, сколько хорошей организации уже имеющихся знаний.

Место и роль процесса обучения основам современной ТРИЗ (Modern TRIZ) и последующего применения ТРИЗ на практике показаны на схеме, представляющей философию развития ТРИЗ-приложений в виде «3Е-модели»:

Концептуальные основы обучения и применения ТРИЗ кратко могут быть выражены триадой: реинвентинг, стандартизация и креативная навигация.

Действительно, весь опыт ТРИЗ экстрагируется из практики (*experience*), из анализа реальных изобретений и высокоэффективных инновационных решений. Именно реинвентинг является процессом исследования и экстрагирования ключевых идей таких решений. ТРИЗ-реинвентинг выполняется так, словно каждое анализируемое изобретение было сделано на основе ТРИЗ. Это помогает понять объективную логику и объективные креативные находки автора изобретения, представить их в форме, несравненно более понятной и доступной всем, кто хотел бы увидеть, как именно было сделано то или иное изобретение.

Реинвентинг опирается на 4 фундаментальных этапа, составляющих вместе разработанный автором Мета-Алгоритм Изобретения (Мета-АРИЗ).

Результаты реинвентинга целесообразно представлять в определенной стандартизованной форме, в которой сохранены все принципиально важные аспекты создания изобретения или инновации, а именно: суть проблемной ситуации, модели противоречий, модели ресурсов, модели трансформаций, с помощью которых удалось решить «неразрешимую проблему» и некоторые другие важные детали. И вновь такой стандартизованной формой оказывается Мета-АРИЗ. Именно в формате Мета-АРИЗ удается создать банки для аккумулирования ТРИЗ-знаний в виде, который делает эти знания доступными как для высококвалифицированного специалиста, так и для студента или даже школьника (*education*).

Каждый проектировщик и исследователь, изобретатель и инноватор нуждается в простых и эффективных схемах для «навигации мышления». Именно на основе Мета-АРИЗ строятся эффективные «маршруты» мысленной обработки знаний о проблемной ситуации и о цели поиска, по которым можно уверенно двигаться к достижению эффективного решения (*evolution*). Мета-АРИЗ, каждый этап которого наполнен конкретными навигаторами, становится инструментом для конструирования эффективной идеи. Как было отмечено в референсе TRIZ Journal²: « ... замечателен также мета-алгоритм, который помогает не только тем, кто не знаком с ТРИЗ, но и знающим предмет, понимать трансформации от исходной ситуации до верификации при получении решения и устранения противоречий. Автор признает, что переходы от одного блока к другому нелегки, но учит, как думать, с использованием множества простых примеров, иллюстрированных четкими рисунками ...»

Поэтому вся программа систематического ТРИЗ-образования — от обучения начинающих до достижения мастерства — может, по нашему опыту, строиться на основе реинвентинга, стандартизации и креативной навигации с помощью алгоритмов изобретения на основе Мета-АРИЗ.

ТРИЗ кардинально улучшает мышление при создании идеи решения проблем, содержащих противоречия, содержащих конфликт элементов проблемы — целей, свойств, ресурсов, структурных компонентов.

² TRIZ-Journal 11'2003.

ТРИЗ безусловно усиливает природные способности, так как высвобождает сознание для генерации высокоэффективных идей, направляя мышление в эпицентр проблемы и пресекая попытки ненаправленного угадывания хоть каких-нибудь решений, которые, как правило, оказываются слабыми.

Однако достичь ТРИЗ-мастерства решения проблем можно только разумным сочетанием и развитием обеих составляющих творческого мышления — логической и интуитивной. Поэтому изучение и применение алгоритмических методов и моделей ТРИЗ полезно соединять с постоянным поиском гармонии и красоты, целесообразности и экологичности, фантазии и юмора, короче говоря, с чувством времени и реальной жизни.

И не забывайте спрашивать себя: как, в каком направлении изменится Мир, станет ли он безопаснее и гармоничнее, когда Ваша новая идея будет реализована?

2

Не прошло и года, как разошелся весь тираж первого издания книги на русском языке.

Я благодарен тем читательницам и читателям (далее я применяю традиционное обобщенное обращение — читатель), кто прислал мне электронные письма с желанием пройти дистанционное обучение по программам Модерн ТРИЗ Академии, кто высказал интересные мысли и вопросы, связанные с историей и современным развитием ТРИЗ, кто высказал пожелания по улучшению текста книги, и кто проявил деловой интерес для практической поддержки и развития идей Академии в России.

Особенно важным, хотя и не связанным напрямую с содержанием моей книги, оказался такой вопрос: есть мнение, что ТРИЗ — сложившаяся наука, и что в ней «уже все выбрано», ведь ничего существенного не сделано в ТРИЗ за 20 лет после выхода АРИЗ-1985 и последней ТРИЗ-книги Г. С. Альтшулера «Найти идею!» Так ли это? И если так, то где учебники по ТРИЗ? Где школы ТРИЗ? Это за целых 20 лет!?

Я думаю, что частично ответ уже содержится в самом вопросе.

Действительно, как можно говорить о сложившемся направлении, когда нет даже современного учебника ТРИЗ? Такого учебника не успел написать основатель ТРИЗ. Не написали его ни первые энтузиасты ТРИЗ, ни общества и ассоциации ТРИЗ в России и за рубежом. Известные немногочисленные российские и зарубежные предложения учебной литературы построены по схемам, вынесенным еще из советского периода выживания идей ТРИЗ. Так что, в том виде, в каком это требуется для современного учебника, его нет и поныне.

Кроме того, для развитой теории будут разные учебники, отражающие эстетические, социальные и философские предпочтения авторов. Но раз уж нет одного учебника, то нет и двух или более.

То же самое приходится констатировать и относительно учебных заведений для ТРИЗ (скорее, всего частных, так как до государственных дело еще не скоро дойдет).

Вот поэтому мы и взяли на себя ответственность и инициативу создать учебные материалы и учебное заведение для ТРИЗ в ее современном содержании и структурировании. Над тем и работаем. И предлагаем наши опыты и разработки для проверки практикой.

Это — часть ответа, причем только на последнюю часть вопроса.

Я отвечаю на подобный вопрос на моих семинарах еще и следующим образом: 20 лет понадобились для того, чтобы проверить ТРИЗ на выживаемость в глобальном масштабе. И ТРИЗ не только выстояла, но и успешно применяется многими крупнейшими концернами. Преимущественно вместе с технологиями управления качеством, например, такими как 6 Сигма (см. TRIZ Journal).

И вот теперь после накопления глобального опыта можно надеяться, что появятся и учебники, и школы ТРИЗ.

Наконец, о развитии ТРИЗ.

Раз уж мы говорим о выживании, то на известной S-кривой это фаза «раннего возраста» системы. И ТРИЗ как система явно находится если уже не на стадии «выживания», то не далее как в начале стадии «взросления». Это означает, что еще немало копий будет сломано в «борьбе» за теоретические основания будущей ТРИЗ — за аксиоматику, за формально-теоретические модели, за язык, за примеры, за АРИЗы, за методики преподавания, за ... философию, мировоззрение, психологию, педагогику ТРИЗ, за ... Короче, за все то, что и составляет основание любой науки как науки. А в «развитых науках» еще могут быть течения и школы, которые иногда очень даже непримиримы в «борьбе» за «идейную чистоту» и за право на обладание «истинным знанием» в первой и, само собой, в последней инстанции. Вспомните хотя бы — и не в последнюю очередь — «Как стать гением».

Одно можно прогнозировать определенно: знание основ ТРИЗ должно стать обязательным критерием оценки уровня культуры выпускника школы и тем более выпускника высшего учебного заведения. Ни один выпускник современной школы не может считаться в полной мере образованным без знания основ ТРИЗ.

Думаю, что первыми в мире это осознали в Южной Корее. С 2006 года на всех вступительных экзаменах в вузы страны в числе 100 вопросов для опенки уровня интеллектуального развития поступающих в вуз (наподобие IQ-score) введены 4 вопроса по ТРИЗ — с 37-го по 40-й. Автор удовлетворен по крайней мере тем, что вместе с рядом корейских и российских специалистов ТРИЗ принимал и принимает участие в разработке предложений и реализации проектов для программы развития школьного и высшего образования в Южной Корее.

И еще один вопрос о пользе этой книги для «не-технических» специалистов.

Дело в том, что для понимания основных идей и примеров этой книги не требуется специфического высшего образования, а вполне достаточно универсальных школьных знаний. Практические примеры книги, почерпнутые из самых разных источников и представленные на основе ТРИЗ-реинвентинга в «стандартном» формате, полезны специалистам практически любой сферы деятельности.

В заключение я благодарю моего сына Николая за его вклад в корректуру второго русского издания параллельно с корректурой третьего немецкого издания, за его тонкое понимание ТРИЗ и за веру в будущее ТРИЗ.

И еще я хочу пожелать успеха всем, кто не боится эксперимента, кто будет пытаться внести свой вклад в продвижение ТРИЗ в практику, кто будет предлагать «свои» теоретические конструкции для ТРИЗ, авторские или коллективные учебники и учебные курсы.

Практика отберет то, что будет эффективно.

Михаил Орлов.

Берлин, Германия. Январь 2005 — июнь 2006 г.

ТРИЗ в начале XXI века

Предисловие автора

Никогда не рано думать о завтрашнем дне.

Федерико Майор³

Да, цивилизация восходила по лестнице изобретений⁴.

Гениальные изобретения быстро поднимали человечество на головокружительные высоты. Миллионы других изобретений укрепляли лестницу и все здание цивилизации. Цивилизация поднималась все быстрее и быстрее.

Но сам процесс создания изобретений тысячи лет оставался неизменным. Мучительные раздумья над проблемой, поиски в случайных направлениях, неисчислимое количество неудачных проб, блуждание по лабиринту, хождение в тумане по замкнутому кругу, и лишь иногда, как вспышка света в полной темноте, как разгадка удивительного сна или исцеление от неизлечимой болезни, — неожиданное появление идеи! Таким представлялось большинству из нас изобретательское творчество. На поиски идеи иногда уходила вся жизнь изобретателя.

Множество энтузиастов пыталось открыть тайну рождения изобретения. Гениальные ученые пытались создать теории творчества. Выдающиеся прагматики собирали и применяли немало полезных советов для стимуляции появления идей. Но все это по-прежнему оставалось малопрактичным.

Научиться изобретать оставалось невозможным!

Потому что оставалось невозможным объяснить и передать индивидуальный и исторический опыт создания изобретений. Известные описания изобретательского творчества были представлены лишь метафорами, эмоциями и отдельными полезными рекомендациями. Все это не было наукой с определенными законами и методами. Это не было и искусством, так как искусству тоже во многом можно научить и научиться.

Несмотря на это, цивилизация продолжала восхождение. И восхищение прогрессом в виде автомобиля, телевидения, авиалайнера, космической ракеты, интернета и мобильного телефона стало настолько безмерным, что только немногие в XX веке оказались способны разглядеть смертельные опасности, с разных сторон устремившиеся к человечеству.

Шокирующая правда о надвигающихся глобальных катастрофах, вызванных техногенным разрушением Природы, не стала еще отрезвляющим аргументом

³ Федерико Майор — генеральный секретарь UNESCO (2002).

⁴ По книге: Викентьев И. Л.. Кайков И. К. Лестница идей (1992).

для человечества. Безответственность и эгоизм многих технократических структур, отсутствие широкого образования по вопросам глобальной выживаемости и прогресса, отсутствие глобальных координирующих сил, не говоря уже о проблемах консолидации усилий промышленно развитых стран, — все это требует немедленных и кардинальных изменений. Безопасность будущего должна стать целью и мотивацией любой прогрессивной деятельности, любой политики. Инженеры, педагоги и ученые тоже могут взять на себя долю персональной ответственности, индивидуально и через профессиональные ассоциации стремясь найти организационные и технические возможности исключить наступление глобальных техногенных (впрочем, и социогенных) катастроф.

В условиях крайне ограниченного времени на изобретение и реализацию кардинальных решений совершенно недостаточно полагаться только на тот способ поиска идей, который и создал нашу сколь удивительную, столь и несовершенную цивилизацию. И, может быть, наша цивилизация потому и несовершена, что был несовершенен способ ее создания.

Действительно, кто управляет развитием цивилизации? Можно ли уверенно прогнозирован) наше путешествие в будущее? Как избежать социогенных, геогенных и космических катастроф? Как обеспечить прогресс и процветание во имя последующих поколений?

Сегодня нужно строить эффективные решения по этим проблемам, применяя ТРИЗ.

ТРИЗ учит создавать изобретения!

ТРИЗ учит конструировать будущее!

ТРИЗ изменяет ваше мышление, а значит, и всю цивилизацию!

Среди всевозможных наук и учений, принимаемых человечеством в наследство из II тысячелетия н. э., ТРИЗ Генриха Сауловича Альтшуллера представляется поистине бесценной частью. Действительно, что может быть ценнее науки о том, как научиться эффективно мыслить! Стать изобретателем! Или даже стать гением!

Главные концепты ТРИЗ заключаются в следующем:

1. Все системы (не только технические) создаются для реализации определенной функции, называемой главной полезной функцией системы, и развиваются по определенным законам, которые познаемы и могут применяться для управления развитием систем;
2. Все системы на интервале жизненного цикла стремятся повысить свою эффективность, понимаемую как отношение оценок позитивных факторов от реализации главной полезной функции к оценкам негативных факторов, связанных с затратами на создание, эксплуатацию и утилизацию системы и с компенсацией ущерба окружающей среде;
3. Все системы (по сравнению с окружающими системами) и компоненты систем развиваются неравномерно, что служит основной причиной мед-

ленного роста эффективности новых систем и вызывает появление технических проблем;

4. В основе любой технической проблемы лежит некоторое конфликтное противоречие между несовместимыми свойствами и требованиями, необходимыми для реализации главных полезных функций компонентов и всей системы в целом;
5. Разрешение конфликтного противоречия (техническими средствами) и есть создание изобретения;
6. Количество различных типов конфликтных противоречий ограничено, что открывает возможность их четкого распознавания в реальных проблемах и возможность применения Относительно небольшого множества адекватных методов для разрешения технических проблем;
7. Адекватные методы разрешения противоречий могут быть получены при изучении достаточно большого набора (репрезентативной выборки) реальных изобретений по патентным описаниям и технической литературе;
8. Методы разрешения противоречий могут применяться вместе с приемами развития и стимуляции памяти, внимания, ассоциативного мышления, воображения и любых других полезных качеств интеллекта и психики;
9. Методы разрешения противоречий могут применяться вместе с другими методами управления развитием сложных систем — экономическими, системотехническими, культурно-образовательными и даже политическими.

Многолетний опыт преподавания ТРИЗ и консалтинга на основе ТРИЗ позволяет мне рекомендовать этот учебник не только инженерам, но и менеджерам, и студентам, и вообще всем, кто заинтересован в создании высокоэффективных идей для решения творческих проблем.

ТРИЗ-мышление конструктивно и эффективно в любой отрасли техники и науки. В сочетании, разумеется, с Вашими творческими способностями и профессиональными знаниями.

На начало XXI века ТРИЗ является единственной конструктивной теорией изобретения и, по сути, теорией инженерного творчества. Конечно, ТРИЗ — не предел. ТРИЗ нуждается в дальнейшем развитии, структурировании и аксиоматизации. На ее основе могут быть созданы специализированные или комбинированные теории и методологии, например, интегрированная теория CROST™ (Constructive Result & Resource-Oriented Strategy of Thinking & Transforming), развивающаяся автором настоящей книги. По образцам ТРИЗ должно быть продолжено изучение патентных фондов и научно-технической литературы. Но главные принципы ТРИЗ уже останутся неизменными (инвариантными), как это и свойственно любой настоящей теории, и могут быть признаны классическими.

Хотя для изучения основ ТРИЗ требуются определенное время и практика, это оправдывает себя во всей Вашей последующей деятельности и в любой профессии. Методы ТРИЗ позволяют с меньшими затратами и быстрее находить

решения самого высокого качества. ТРИЗ незаменима при решении экстремально сложных проблем. За свою почти 40-летнюю ТРИЗ-практику, никогда не прекращавшуюся после прочтения в 1963 году первой маленькой книжечки Г. Альтшуллера, я не знаю кого-либо, кто отказался от ТРИЗ после изучения ее методов и моделей. Вместе с тем здесь уместно привести высказывание автора ТРИЗ о том, что

ТРИЗ служит мышлению, а не заменяет мышление.

Я глубоко признателен многим специалистам, кто поддержал мою работу над этой книгой по основам классической ТРИЗ. Большую помощь мне оказали беседы с проф. H.-J. Linde (Fachhochschule Coburg) и докторами R. Thiel, D. Zobel, M. Herrlich. Встречи в 1995—1996 годах с профессорами W. Beitz и G. Seliger (Technische Universität Berlin) определили мое понимание творческих компонентов в высшем образовании Германии. Идеи проф. G. Ropohl (J. W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main) по проблемам развития технических систем и роли инженеров в создании цивилизации, неотделимой от Природы и гуманистической этики, и его дружеское письмо укрепили мои намерения. Своевременная и энергичная поддержка проф. M. Mobile (Universität Bremen) позволила мне продолжить мою деятельность в Германии и подготовить эту книгу.

И конечно, я желаю успехов всем тем, кто не боится поиска новых идей при создании и развитии технических систем, и помнит о том, что каждое наше решение изменяет всю цивилизацию.

Михаил А. Орлов.
Берлин, Германия. Сентябрь, 2004 г.

ВВЕДЕНИЕ

1. Изобретение цивилизации

NATURA NIHIL EST CALLIDUS

Этот учебник — для инженерного творчества. И прежде всего, для вершины инженерного творчества — создания изобретения. Человечество восходило по лестнице изобретений. А сегодня открытия и изобретения, как ступени грандиозного эскалатора, возносят цивилизацию все выше и все быстрее.

Если принять, что в наши дни наиболее продуктивный возраст человека в одном поколении достигается к 40 годам, и измерять этим возрастом количество поколений, живших на каком-то интервале времени, то мы можем оценить темпы развития цивилизации.

На интервале последних 40 000 лет из 1000 поколений:

- более 800 поколений существовали без создания искусственных жилищ (в лесах и пещерах);
 - лишь 120 поколений знают и используют колесо;
 - около 55 поколений знают и используют закон Архимеда;
 - около 40 поколений используют водяные и ветряные мельницы;
 - около 20 поколений знают и используют часовые механизмы;
 - около 10 поколений знакомы с печатным словом;
 - 5 поколений перемешаются на пароходе и по железной дороге;
 - 4 поколения используют электрический свет;
 - 3 поколения перемешаются на автомобиле, используют телефон и электропылесос;
 - 2 поколения перемешаются на самолете, используют радио и электрохолодильник;
- только современное поколение впервые вышло в Космос, использует атомную энергию, пользуется настольным и ношимым компьютером, принимает и передает аудио-, видео- и специальную информацию по всему земному шару через искусственные спутники.

В XX веке создано 90 % всех знаний и всех материальных ценностей, накопленных за историю человечества!

¹ Нет ничего более изобретательного, чем природа. Марк Туллий Цицерон (106—43 гг. до н.э.) — древнеримский оратор, философ, государственный деятель.

Удивительным фактом является то, что за последние несколько десятков и даже сотен тысяч лет (!) мозг человека не изменился как биологический объект. Устройство мозга и, по-видимому, принципы его работы сохранились такими же, какими были, скажем, 50 000 лет назад.

Можно предположить, что мозг, как и многие биологические объекты Природы, оказался созданным с огромной «функциональной избыточностью». Природа чрезмерно щедро использует этот принцип для продления жизни всего живого, например, через распространение семени живого, через поддержание численности биопопуляций. Однако биологическая избыточность мозга сама по себе не создает качество мышления. Вероятно поэтому, в частности, количество действительно ценных изобретений составляет доли процента от общего числа патентуемых предложений!

Качество мышления может изменяться в широком диапазоне и зависит от качества обучения, от его содержания. Современные технологии обучения индивидуумов и содержание обучения не свободны от принципиальных недостатков. По этой причине и, конечно, под влиянием социальной среды, общество все еще развивается больше по «биологическим» стохастическим законам. Сегодня это недопустимо расточительно, так как увеличивает вероятность воспроизведения духовной посредственности и уменьшает вероятность появления гениев.

Мы видим также, что информационная емкость, масштаб и ответственность решаемых проблем кардинально меняются! Способен ли мозг человека и далее справляться со стремительно возрастающим объемом знаний? Способен ли он распознавать возможные (в том числе скрытые и медленно развивающиеся) катастрофы и надежно предотвращать их или противостоять им? Способен ли человек уверенно строить свое будущее в направлении гармонии и прогресса? Способно ли человечество изобрести (или переоткрыть?) сами критерии гармонии и прогресса? Нужно ли говорить, что только выработав идеалы прогресса и гармонии, человечество перейдет от современной фазы *Homo Sapiens Technologicus* к фазе *Homo Sapiens Progressus* (лат.: Человек Разумный Эволюционирующий, Развивающийся).

Итак, как находит человек идею изобретения? Как люди находят творческие решения в нетехнических проблемах? Причем, как писал Карл Поппер⁶, правильнее ставить эти вопросы по-другому:

Как возникают хорошие идеи?!

В XX веке нашелся человек, который посмел сказать всему цивилизованному человечеству, что оно не умеет мыслить. Что человечество впустую растратило свой интеллектуальный потенциал из-за плохой организации нашего мышления! И что оно не учится мыслить! И даже не подозревает, что не умеет эффективно мыслить!

Этот человек сказал по сути следующее: в наши дни, как и тысячи лет назад, в основе мышления лежит метод проб и ошибок, метод случайного угадывания

⁶ Карл Поппер (1902—1994) — английский философ.

хоть какого-нибудь решения. И каждый учится (если учится, конечно) на своих ошибках! По сравнению с успехами — ошибок чрезвычайно много. Этот человек сказал: а не логичнее ли учиться на успехах!. Да еще так, чтобы обобщить опыт самых лучших решений в виде конкретных правил, методик, готовых моделей и даже в виде теории?!

Имя этого человека — Генрих Саулович Альтшуллер (1926—1998). В середине XX века он предложил в России основы теории изобретения, названной им ТРИЗ — Теория Решения Изобретательских Задач (англ.: Theory of Inventive Problem Solving; нем.: Theorie des erfinderschen Problemlösens). ТРИЗ открыла принципиально новые возможности для обучения изобретательскому творчеству и для практического применения.

Пусть изучение ТРИЗ откроет Вам путь к новым возможностям и успеху!

Для эффективного решения изобретательских задач высших уровней нужна эвристическая программа, позволяющая заменить перебор вариантов целенаправленным продвижением в район решения.

Генрих Альтшуллер.
Алгоритм изобретения.
Москва. 1973

2. Рейнвентинг – ключевая концепция обучения и самообучения для ТРИЗ

Экспресс-обучение и самообучение используют следующий методический прием: прежде, чем изучаются все необходимые понятия и модели теории, практическое действие теории показывается на небольших упрощенных примерах таким образом, как будто основы теории уже известны студентам.

Примеры подбираются и демонстрируются так, чтобы показать движение мысли от простого к сложному, от внешнего — к содержанию, от конкретного — к абстрактному, к модели и теории. Иными словами, при экспресс-обучении сразу же как бы проводится эксперимент с объектами теории, и из этого эксперимента заинтересованные студенты сами выводят ключевые теоретические идеи.

Объектами классической ТРИЗ являются изобретения, технические системы и их компоненты.

Суть начальных учебных экспериментов заключается в следующем:

- 1) выявление ключевой проблемы, которая была преодолена в конкретном изобретении;
- 2) определение основного способа, которым была решена проблема в этом изобретении.

Несколько позже применяются следующие методические приемы:

- 1) обобщение и классификация моделей ключевых проблем и основных способов решения проблем при создании изобретений;
- 2) выявление закономерностей возникновения проблем, прогнозирование и управляемое систематическое разрешение проблем.

Процесс изобретения — это есть движение мысли «от существующего — к возможному»⁷. Это есть построение мысленного моста между тем, что есть, и тем, что должно быть.

Всякий «мост» строится на основе определенной теории. Понятно, что и «надежность» моста также существенно зависит от теории. Например, на основе классического брейнсторминга («мозгового штурма»): мало правил, практически неограниченное пространство поиска, много энтузиазма и шума. На ос-

⁷ Я интерпретирую — но и применяю в прямом контексте! — известное выражение и название одной из книг лауреата Нобелевской премии, бельгийского биофизика Ильи Пригожинн (1917-2003).

нове классической ТРИЗ: систематическое исследование задачи, управляемое применение адекватных процедур для ее разрешения, направленный выход в область существования сильных решений.

В основе учебных экспериментов для обучения ТРИЗ лежит методический прием, который я назвал «реинвентинг».

Реинвентинг — демонстрация процесса создания изобретения таким образом, как будто студентам уже известны принципы и приемы разрешения проблем, преодоленных в этих изобретениях. Позднее, когда основы теории уже действительно изучены, реинвентинг служит как прием закрепления навыка исследования и решения проблем. Наконец, быстрый реинвентинг становится важнейшим навыком при работе с аналогами, предлагаемыми нашим программным обеспечением для решения проблем (см. раздел 21.2).

Этот методический прием стимулирует ассоциативное мышление студентов, обеспечивает надежную эмоциональную акцептацию и последующее восприятие теории. Интуиция студентов сама связывает их уже имеющиеся знания и опыт с ключевыми концептами теории.

ТРИЗ — это не математическая, количественная теория, а качественная теория. Формальные понятия, концепты теории, имеют характер категорий, образов, метафор. Многошаговые процедуры, применяемые для решения задач, называются алгоритмами. Это тоже метафора, хотя можно показать, что это вполне корректное определение для современной конструктивной математики.

Если кто-то из моих коллег на основе вышесказанного откажет ТРИЗ в статусе теории, то можно предложить определение ТРИЗ как теории концептуальной, феноменологической, психологической, наконец. В любом случае концепты теории отражают ее аксиоматические и структурные основы (даже если они специально не описаны, скажем, в научной статье или монографии, как это имеет место для ТРИЗ) только в более понятном, неформальном представлении. В этом все дело. И еще: дело в содержании качественных моделей (метафор). В отличие от всех других подходов, модели ТРИЗ конструктивны, воспроизводимы пользователями и передаваемы в обучении.

Итак, мы будем избегать применения в этом учебнике формализованных конструкций. Хотя для разработки нашего софтвера мы создаем такие конструкции и опираемся на них. Наша цель — не построение формальных основ теории, а качественное моделирование мышления и практическое применение моделей теории к реальным задачам.

Тем не менее, термины теории, конечно, остаются. Но к ним нужно относиться не более критично и подозрительно, чем, скажем, к словам задача, исходные данные, решение, результат — в огромном большинстве практических ситуаций нам так же не требуется строго определять, какие аксиомы теории и формальные связи стоят за этими словами. Для нас интуитивно вполне понятна качественная, содержательная суть этих слов (а значит, — метафор, образов) применительно к каким-то конкретным задачам.

А теперь о фундаментальных концептах теории.

Реинвентинг по определению должен показывать следующий процесс (рис. 2.1).

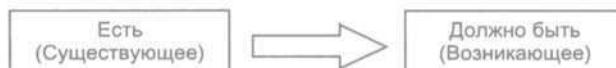


Рис. 2.1. Движение мышления «от существующего — к возникающему»

Стрелка здесь представляет мыслительные операции — «поток мышления», «генерацию идей» — в соответствии с рекомендациями теории. Реинвентинг в стиле брейнсторминга отражает, разумеется, брейнсторминг-процесс решения задач. ТРИЗ-реинвентинг отражает ТРИЗ-процесс решения задач

Насколько надежными кажутся вам следующие рекомендации одной из версий «теории брейнсторминга», которые показаны, например, на рис. 2.2?

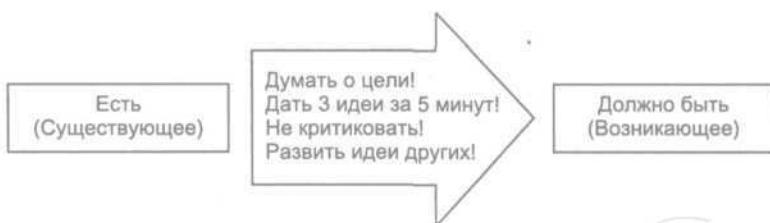


Рис. 2.2. Схема реинвентинга на основе брейнсторминга

Не кажется ли вам, что эти рекомендации немногим отличаются от того, как если бы вся теория в военных школах исчерпывалась следующим сверхлаконичным «методом» Цезаря⁸:



Считаете ли вы, что этот «метод» учит решать творческие проблемы?

Какие мысли приходят к вам, если вы прочитаете далее, чем заполняет «поток мышления» ТРИЗ-реинвентинг (рис. 2.3)?



Рис. 2.3. Пример реинвентинга на основе ТРИЗ

⁸ Гай Юлий Цезарь (102 или 100—44 гг. до н. э.) — древнеримский государственный деятель, полководец и писатель.

Не возникает ли (?) у вас ассоциативного связывания этих концептов в такую цепочку:

На основе имеющихся или преобразованных ресурсов и с использованием приемов-аналогов устранить противоречие, ме-шающее достичь идеального результата.

И не выглядит ли эта цепочка более надежным мостом для перехода «от существующего — к возникающему»?!

Я обычно показываю принцип реинвентинга на простом примере, что назы-вается, «на кончике пера». Впрочем, действительно, на примерах развития рабо-бочего органа жидкостных ручек.

Несомненная важность этого примера объясняется моим выдающимся откры-тием, которое я формулирую обычно в виде следующего афоризма: скорость разви-тия цивилизации определяется скоростью развития ручки!

Действительно, гусиное перо с чернильницей (рис. 2.4,а) было наиболее рас-пространенным средством для сохранения и передачи знания в течение 2,5—3 тысяч лет (!) примерно до конца XVIII века, пока слуга господина Ян-сена, тогдашнего бургомистра города Аахена в Германии, не изготовил метал-лический наконечник для гусиного пера своего хозяина. Впоследствии нако-нечники, которые и стали называться перьями, прошли длинную конструкционную эволюцию. Но суть способа письма пером оставалась неизменной: нужно было обмакивать наконечник в чернила и потом писать пером на бу-маге, пока чернила на наконечнике не кончатся или не засохнут.

И только 100 лет назад (!) в начале XX века началось быстрое развитие уст-ройств, которые привели к формированию перьевой авторучки (рис. 2.4,б). Еще почти через 50 лет началось быстрое распространение шариковой ручки (рис. 2.4,в), а затем через 25 лет — примерно вдвое быстрее, а это и означает ускорение! — началось массовое распространение капиллярных ручек (рис. 2.4,г).

Теперь продемонстрируем ТРИЗ-реинвентинг на примере эволюции жидкост-ной ручки.

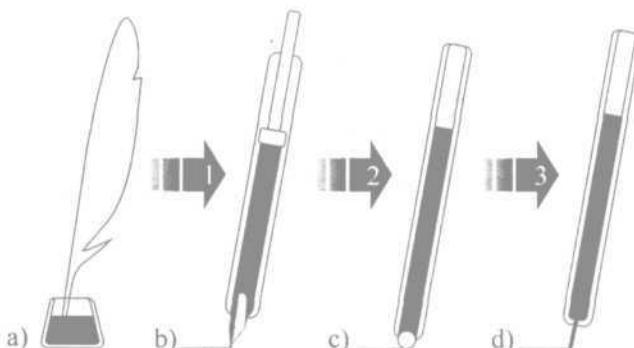


Рис. 2.4. Эволюция жидкостных ручек: а — гусиное перо с чернильницей; б — авторучка; в — шариковая ручка; д — капиллярная ручка

Пример 1. За 3000 лет от гусиного пера — к авторучке (переход 1). Гусиное перо, даже снабженное металлическим наконечником, обладало главным недостатком, состоящим в том, что чернила неравномерно переходили на бумагу, высыхали прямо на наконечнике или, напротив, ссыпались в виде кляксы. Чернила быстро кончались на кончике пера, и приходилось отвлекаться, аккуратно обмакивать перо в чернильницу и осторожно подносить к бумаге, чтобы не сорвалась ни одна капля.

Главная полезная функция пера как рабочего органа всей ручки — оставлять чернильный след на бумаге. Назовем перо инструментом (подходит также — эктор или индуктор, то есть тот, кто инициирует действие). Тогда след — это изделие пера (подходит также — реэктор или рецептор, то есть тот, кто воспринимает действие или является продуктом индуктора). Идеальный след — ровный, нужной ширины. А что мы имеем в первом: если чернил мало, то след быстро становится тонким, и надо часто обмакивать перо; если чернил на пере много, то след может стать слишком жирным или может образоваться кляксой. Явное противоречие между «мало» и «много».

Сформулируем функциональную идеальную модель: на острие пера чернил должно быть сколько угодно много, чтобы можно было создать след любой длины, и — на острие пера чернил не должно быть совсем (нуль!), чтобы они не высыхали и не падали в виде клякс!

Требования, предъявленные в такой формулировке, — совершенно несовместимы!

Но так ли это на самом деле?

Чернил должно быть сколько угодно много только во время создания следа! Поскольку в это время перо выполняет свою главную операцию, то и назовем это время оперативным. Во все предыдущие моменты времени нам не нужно иметь чернила на кончике пера! Не кажется ли вам, что противоречие как бы само собой куда-то исчезло?! Мы как бы разрешили противоречие во времени.

Теперь логично сформулировать самую сильную версию функциональной идеальной модели: чернила сами поступают на кончик пера только тогда, когда перо должно создавать след.

Но на острие пера нет места для размещения большого количества чернил и какого-то механизма для регулирования подачи чернил, иными словами, нет достаточного пространственного ресурса.

Тогда, может быть, есть свободное пространство рядом с кончиком пера? Да, есть. Например, в пустой полости самого гусиного пера, или в специальной колбе, которую можно прикрепить к ручке. И остается только эту колбу наполнить чернилами и соединить с кончиком пера какой-то трубочкой с «маленьким краником»!

Можно также сказать, что мы разрешили противоречие в пространстве: на острие может не быть чернил, а рядом может быть много чернил! Идею решения можно представить и как разрешение противоречия в структуре: во всей ручке

как в целостной технической системе есть много чернил, а в маленькой части ручки нет чернил (вне оперативного времени)!

Но как быть с требованием, чтобы чернила сами поступали на кончик пера только тогда, когда нужно создать след?

Ну, что же, сформулируем уточненную версию функциональной идеальной модели: перо само регулирует количество поступающих на острие чернил! Так сказать, нам нужно «перо-краник»!!!

А ведь так и произошло на практике: острие пера сделали состоящим из двух частей благодаря тонкому разрезу (каналу) вдоль пера до того места, где перо соединяется с одной или многими тонкими «трубочками», связанными с колбой для хранения чернил (рис. 2.5).

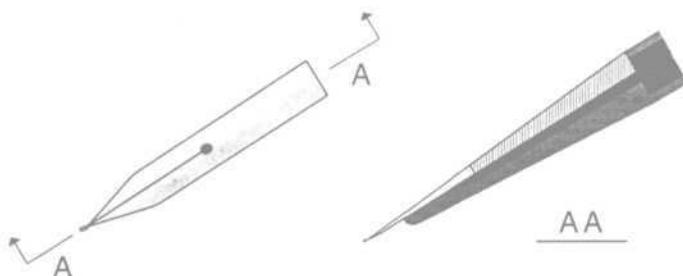


Рис. 2.5. Принципиальное устройство пера

Когда перо не находится в работе, канал закрыт для прохода по нему чернил, так как обе половинки острия плотно соприкасаются друг с другом. Когда перо прижимается к бумаге, половинки острия расходятся, и чернила вытекают в образовавшийся канал. Вот и все, если коротко. Мы получили идеальное решение, идеальный конечный результат в виде «острия-краника», а энергия для его работы поступает от руки, нажимающей на ручку. Когда мы начинаем писать, на острие передается давление от руки — «краник» открывается, а когда перестаем писать, то давление прекращается и «краник» закрывается!

Здесь мы видим также разрешение противоречия в веществе: для обеспечения пребывания разреза острия в двух состояниях (закрытом и открытом) использованы ресурсы конструкции и внутренней энергии материала пера (пружинящие свойства) и энергия от внешнего источника (ресурс руки).

При первом прочтении это объяснение кажется ужасно длинным и неоднозначным. Вы правы и в том, и в другом. В первом — потому, что введено сразу много новых понятий. Во втором — потому, что для авторучек существует много технических решений и каждое решение может быть представлено разными версиями реинвентинга, отличающимися по глубине анализа. Но пройдет немного времени, и Вы будете легко, автоматически строить подобные рассуждения не только для учебных, но и для реальных задач.

Пример 2. За 50 лет от авторучки — к шариковой ручке (переход 2). Нетрудно видеть, что при малейшей неточности изготовления или при старении пера

чернила могут самопроизвольно вытекать и образовывать кляксы. Также чернила легко вытекают при изменении давления воздуха, а именно, при его уменьшении. Полностью вытеснить воздух из колбы при наборе чернил не удается, и поэтому остаток воздуха в колбе находится под определенным давлением. Если внешнее давление становится меньше давления остатка воздуха, воздух в колбе расширяется и выдавливает чернила из ручки. Это часто происходило в самолетах. Понятны последствия протекания ручки для одежды или документов пассажиров.

Вспомним последнюю функциональную идеальную модель, сформулированную ранее для авторучки: чернила сами поступают на кончик пера только тогда, когда перо должно создавать след.

Обратимся к анализу ресурсов. Чернила жидкые, как вода, и поэтому легко вытекают из колбы через перо. Если бы чернила были более густыми, то они не вытекали бы.

Но тогда возникает новое противоречие: чернила должны быть густыми, чтобы не вытекать, и чернила не должны быть густыми, чтобы свободно проходить через рабочий орган.

Это острое противоречие сначала будем исследовать в первом стратегическом направлении: применение «густых чернил», так как до этого в течение почти 50 лет не видно было перспективы разрешить это противоречие с обычными чернилами.

Применение «густых чернил» приводит, в частности, к идее каких-то поршней для их выталкивания — но тогда уж никак нельзя сказать, что чернила сами поступают на кончик рабочего органа.

Тогда логично поставить вопрос об изменении самого рабочего органа. Нам нужен энергетический ресурс, такой, который позволил бы переносить «густые чернила», или пасту, на бумагу. Применение поршня явно означает прерывистость операции и порционность подачи пасты. А нам нужна непрерывная и равномерная подача пасты.

Нужны какие-то «маленькие человечки», которые брали бы пасту из колбы и непрерывно наносили бы ее маленькими долями на бумагу. Такие «маленькие человечки» могли бы, например, своими «черпачками» брать пасту со стороны колбы и передавать друг другу на сторону бумаги, а потом на той же цепочке возвращать пустые черпачки к колбе. Получается что-то вроде кругового движения наполненных черпачков от колбы к бумаге и пустых черпачков — от бумаги к колбе. Это похоже на то, как работают типографские машины, на валы которых достаточно густая типографская краска попадает с одной стороны вала и переносится на бумагу с другой стороны! Кстати, можно именно сделать ручку в виде такой миниатюрной типографской машины! В принципе, это вполне конструктивная идея!

Мы не знаем, так ли именно думал в 1938 году изобретатель шариковой ручки венгерский журналист Laszlo Biro, но в качестве первых «густых чернил» он использовал именно типографскую краску! А вместо маленького ролика (как



Рис. 2.6. Принципиальное устройство рабочего органа шариковой ручки

То есть опять-таки источником энергии будет рука, прижимающая кончик ручки, снабженный шариком, к бумаге.

Таким образом, ключевая идея была получена изменением состояния доминирующего ресурса — вещества чернил! То есть, основное противоречие было разрешено в веществе. После чего осталось лишь разработать подходящую конструкцию (новую структуру) для переноса пасты на бумагу!

Итак, противоречие было блестящим образом разрешено в веществе и структуре!. И первыми оценили новые ручки военные летчики в Англии, но понадобилось еще около десяти лет для продвижения шариковой ручки к массовому покупателю.

Пример 3. За 25 лет от шариковой ручки — к капиллярной ручке (переход 3). Но не все хорошо и в шариковой ручке. Паста быстро засыхала. Иногда также выдавливалась при изменении давления. Обнаружились свои кляксы и у этой ручки. Пальцы быстро уставали, так как требовалось намного большее усилие, чем при письме чернильной авторучкой.

И вот здесь мы обратимся к исследованию второго стратегического направления, сформуированного для реинвентинга шариковой ручки: чернила не должны быть густыми, чтобы свободно проходить через рабочий орган.

Обострим противоречие: чернила должны быть очень «быстро текущими» и всегда присутствовать на острие рабочего органа, но не вытекать и не создавать клякс!

Первое, что становится при этом яснее, это то, что колба, содержащая чернила, должна быть открыта с обеих сторон для выравнивания воздействия атмосферного давления. Кстати, именно так и сделано в шариковой ручке! Мы немного продвигаемся вперед!

Второе, нужно как-то затруднить продвижение чернил из этой колбы до самого острия рабочего органа, например, того же пера.

Аналоги! Были ли какие-то похожие аналоги в истории ручки или каких-то похожих приспособлений для письма или рисования?!

Оказывается, были! Исследования показывают, что еще 3300 лет назад в древнем Египте использовались чернильные ручки с медным корпусом, охваты-

миниатюрного аналога типографского вала) он поставил шарик! Действительно, ролик был бы слишком широким, а мы хотим получать тонкие линии. Тогда вместо ролика можно взять шарик, «маленькие человечки» на поверхности которого делали бы свою работу по переносу краски! Вращающийся шарик обеспечивает принцип непрерывного переноса краски от колбы на бумагу (рис. 2.6). А сам шарик будет вращаться от трения о бумагу!

вавшим свинцовую заостренную трубочку, содержащую внутри себя волокнистую тростниковую палочку, наполненную чернилами (рис. 2.7).

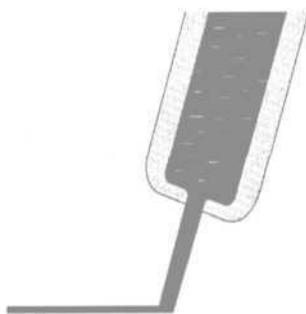


Рис. 2.7. Принципиальное устройство капиллярной ручки

Чернила медленно просачивались по многочисленным тончайшим капиллярам тростника и появлялись на заостренном конце свинцовой трубочки. При письме на папирусе чернила уходили с остряя, и тем самым в ближайших волокнах создавалась пустота для поступления новых микродоз чернил из волокон-капилляров!

Конечно, сегодня мы можем сказать, что для создания капиллярных ручек изобретатели в Японии использовали в 1963 году особый физический эффект движения жидкости в тончайших каналах — капиллярный эффект!

И все же справедливо и то, что прообразом современной капиллярной ручки вполне достойно может служить тростниковая ручка из древнего Египта!

Капиллярная ручка — еще одно блестящее разрешение острого противоречия, сформулированного нами ранее, но на другом стратегическом направлении!.

И решение вновь получено на основе ресурсов вещества и структуры и с использованием особого физико-технического эффекта.

Внимательные и заинтересованные читатели могут далее постоянно упражняться в реинвентинге практически любых окружающих их предметов.

Выбирайте те из объектов, которые прошли достаточно длинный эволюционный путь.

Наконец мы обратимся к еще одному эффекту, наблюдаемому в эволюции любых технических систем. Когда исчерпывается ресурс развития системы определенного вида, например, ручки, то появляются изобретения систем аналогичного назначения, но либо с совершенно иным принципом действия, либо систем, интегрирующих в себе дополнительные функции, перенесенные из двух или более совершенно иных систем.

Дополнительный пример. Эра электронных ручек. Вполне обоснованно мы могли бы начать этот раздел с предварительного рассмотрения нескольких параллельных направлений, связанных, например, с развитием типографских машин для создания книг и газет; машин для нанесения рисунка на ткани; «пи-

шущих» машин, начиная с ручных механических и электромеханических систем и завершая струйными электростатическими и лазерными системами; копировальных систем, начиная от копировальной бумаги и фотоаппаратов и завершая порошковыми электростатическими ксероксами и лазерными системами.

Но мы рассмотрим только одно направление развития средств регистрации рукописной символьной или графической информации, связанное с появлением компьютеров. Речь идет о вводе в компьютер или о передаче на линию связи текста и рисунков, создаваемых, например, на листе бумаги, непосредственно в процессе рисования, или как говорят специалисты, в реальном времени. Задача состоит в следующем: во время создания изображения на листе бумаги нужно обеспечить считывание линий этого изображения, преобразование линий в цифровой формат, запоминание и передачу цифрового представления изображения в линию связи с компьютером или с другим приемником информации.

И все же даже это направление содержит множество различных важных принципов считывания: на основе планшетов с электромагнитным, резистивным, емкостным, акустическим, инфракрасным, оптическим, лазерно-лучевым и комбинированными принципами регистрации локальных и глобальных координат положения пишущего органа ручки относительно листа бумаги.

На рис. 2.8 показаны несколько принципов считывания информации, создаваемой специальными электронными ручками.

Электромагнитный принцип (рис. 2.8, а) основан на определении прямоугольных X-Y-координат с помощью системы проводников, уложенных в планшете и улавливающих электромагнитный импульс, излучаемый ручкой, находящейся на пересечении соответствующих проводников. Импульсы излучаются с определенной частотой, например, 100 раз в секунду, что позволяет представить любую линию набором точек (координат). Такой частоты считывания достаточно для весьма точного представления линий даже при относительно быстром письме. Плюс: простота и надежность, возможность смены листов, накладываемых на планшет. Минус: применение специальных ручек, необходимость планшета, нельзя сдвигать лист.

Другой вариант использования электромагнитных импульсов показан на рис. 2.8, б. Излучение от ручки принимается антеннами, размещенными, например, на потолке по углам комнаты и образующими глобальную прямоугольную систему координат. Плюс: возможность работы в любом месте комнаты. Минус: относительно высокая сложность системы, применение специальных ручек, влияние крупных металлических предметов, нельзя сдвигать лист.

Ультразвуковые волны и/или инфракрасные лучи (рис. 2.8, с) используются для измерения косоугольных X-Y-координат как расстояний от рабочего органа ручки до двух или более приемников ультразвукового и/или инфракрасного излучений. Плюс: простота и надежность, возможность смены листов, накладываемых на планшет. Минус: применение специальных ручек, необ-

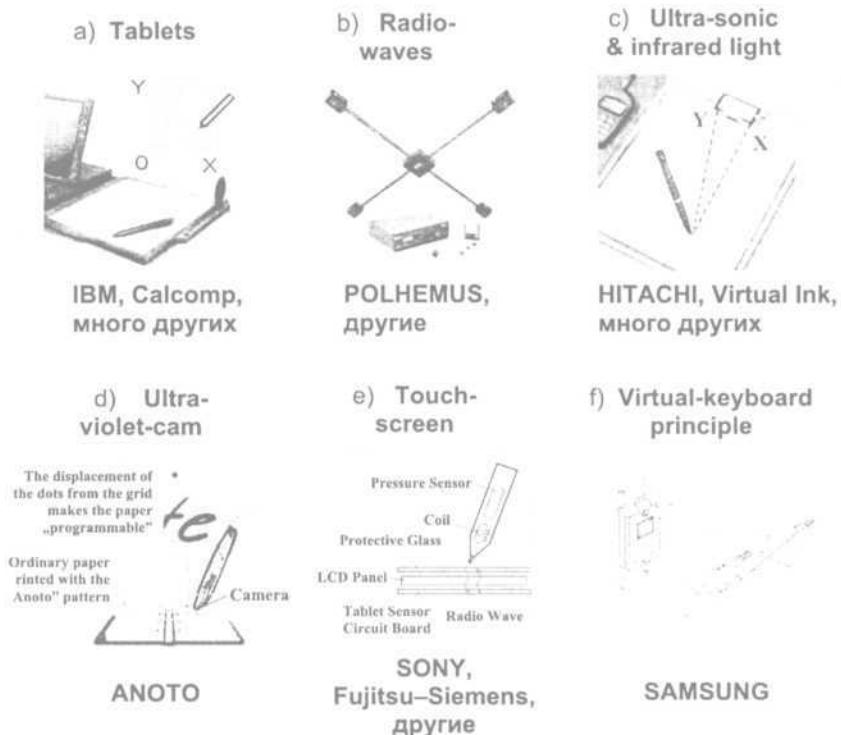


Рис. 2.8. Традиционные принципы построения электронных ручек

ходимость фиксации считывающих устройств на листе, так как нельзя сдвигать лист.

Совершенно иной принцип применен в ручке, показанной на рис. 2.8,d. Компактная видеокамера, встроенная в ручку и работающая в ультрафиолетовом диапазоне, считывает специальную комбинацию заранее нанесенных на бумагу точек, однозначно задающую координаты положения рабочего органа ручки на бумаге в данный момент времени. Плюс: почти все компоненты интегрированы внутри ручки. Минус: применение специальной бумаги.

Принципы считывания координат на основе резистивных, емкостных, ультразвуковых или электромагнитных планшетов получили новое развитие в системах рисования непосредственно на экранах телевизоров, компьютерных мониторов, на электронных досках в аудиториях (рис. 2.8,e). Плюс: простота и надежность. Минус: эти устройства не предназначены для регистрации информации на бумаге, хотя в этом случае можно поступить в соответствии с изобретательским приемом «Наоборот» (см. Приложение 4 Каталог специализированных А-Навигаторов), вывести информацию на бумажный носитель по окончании рисования, например, с помощью принтера.

На основе принципа виртуальной клавиатуры (рис. 2.8,f) можно вводить буквы по одной и таким образом составлять фразы, например, для коротких сообщений по мобильному телефону (SMS). Плюс: простота. Минус: это не ввод рукописного текста или рисунка.

Мы видим, что «старая» ручка, прошедшая тысячи лет развития, приобрела новое качество: функцию передачи создаваемого изображения в компьютер. Мы научились вводить в компьютер рукописную информацию, создаваемую на листе бумаги, на школьной доске, на экране телевизора, на экране компьютерного монитора, на кредитных карточках и на экранах мобильных телефонов, на специальных планшетах, добавляемых к клавиатуре или избавляющих нас как от клавиатуры, так и от мыши. При этом за последние 50 лет были изобретены десятки принципов работы электронных ручек! И все же всем им был присущ еще один принципиальный недостаток: применение специальных ручек!

Да, я забыл доказать определяющую роль ручки в прогрессе цивилизации. Здесь все совершенно очевидно! На примерах мы уже видели, что именно в XX веке человечество оказалось вовлеченным в научно-техническую революцию и ускоряющийся технологический прогресс! А почему? Да потому, что новые ручки позволяли писать быстрее, не утомляясь и не отвлекаясь на операцию попадания ручкой в чернильницу. Следовательно, изобретатели получили возможность быстро записывать много мыслей и идей! Это и есть бесспорное доказательство!

При этом с электронными ручками появляется и вовсе невиданная ранее возможность немедленно сохранить ваши изобретения для цивилизации и думать только о том, что нужно записать, а не о том, как это можно сделать! Впрочем, если некоторые читатели со мной не согласятся, то я не буду настаивать на том, что с юмором у меня все в порядке.

В заключение данного раздела высажем некоторые ключевые рекомендации для дальнейшего изучения материала.

Авторская схема преподавания ТРИЗ сложилась на основе многолетнего опыта. В целом эта схема отражена в оглавлении учебника. Но нужно подчеркнуть, что следующие три крупные части составляют основу для практического освоения ТРИЗ:

1. Обобщенная модель решения творческих проблем, сформулированная автором и называемая Мета-Алгоритм Изобретения или, кратко, Мета-АРИЗ (см. также раздел 7). В зависимости от конкретного наполнения шагов Мета-АРИЗ появляется определяющая схема для решения проблем в соответствии с определенной «теорией».
2. Ключевые структурные модели для приведения исходного описания проблемы к виду, наиболее подготовленному для применения моделей трансформации (разделы 6, 8 и 9).
3. Модели трансформации проблемы в направлении создания решения (разделы 10–13).

Научиться правильно понимать и применять стратегию и тактику ТРИЗ можно только после предварительного освоения ключевых структурных моделей и основных моделей трансформации. Поэтому разделы 14–17 рекомендуется изучать только после освоения указанных разделов 6–13.

МЕТОДЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ

3. Изобретение

3.1. Открытие и изобретение

Следует изучать открытия других таким образом, чтобы мы могли открыть источник изобретения.

Лейбниц⁹

Одним из наиболее потрясающих изобретений в истории цивилизации было создание радио (лат. radio — излучать). В 1888 году Генрих Герц¹⁰ установил возможность воспринимать и излучать электромагнитное поле с помощью кусочков проводящих материалов различной формы (как теперь мы сказали бы — антенн). Для генерирования поля на антенну подавался электрический ток определенной частоты и силы, а для восприятия электромагнитного поля нужно было усилить ток, наведенный в антенне воздействующим на нее полем. Однако еще немало лет отделяло эти опыты от появления технических идей и устройств, которые показали бы какие-то практические перспективы для открытых физических явлений.

К этому времени уже прошли значительный путь развития такие электротехнические системы как телеграф и телефон. Еще в 1832 году Сэмьюэль Морзе (11) изобрел способ и устройство для передачи и приема сигналов по проводам (электрический телеграф). В 1851 году первый телографный кабель был проложен между Англией и Францией, в 1858 году — Трансатлантический кабель между Англией и Америкой, а через 10 лет Вернер фон Сименс¹² завершил прокладку Индоевропейской телеграфной линии Лондон—Калькутта. От первого аппарата Иоханна Раиса¹³, опробованного им в 1861 году, телефон прошел путь к патентам 1876 года Александра Белла¹⁴. Однако провода нельзя было проложить к морским судам или к автомобилю.

Поскольку электромагнитные волны распространялись в первых опытах Г. Герца так же, как свет от точечного источника, то есть со сферическим

⁹ Готтфрид Вильгельм Лейбниц (1646–1716) — выдающийся немецкий математик и мыслитель, основатель Академии Наук в Берлине в 1700 году.

¹⁰ Генрих Герц (1857–1894) — немецкий физик, доказавший существование электромагнитных волн.

¹¹ Сэмьюэль Морзе (1791–1872) — американский художник и инженер.

¹² Вернер фон Сименс (1816–1892) — немецкий изобретатель и предприниматель.

¹³ Иоханн Райс (1834–1874) — немецкий школьный учитель.

¹⁴ Александр Белл (1847–1922) — выдающийся американский изобретатель и предприниматель.

фронтом, то Г. Герц предполагал, что для приема-передачи радиоволн придется строить антенны наподобие оптических линз и зеркал, чтоказалось очень сложным и неперспективным.

В 1894 году Александр Попов¹⁵ заметил влияние длины проволочной антенны на качество приема-передачи и сконструировал первый радиоприемник, а в 1895—1897 годах демонстрировал радиотелеграфную беспроводную связь между кораблями. Не позднее 1883 года Никола Тесла (16) демонстрировал эксперименты с передачей и приемом радиосигналов. Аналогичную схему запатентовал и опубликовал в 1896—1897 годах Гвильермо Маркони¹⁷. Уже в 1899 году он усовершенствовал свою конструкцию настолько, что смог установить связь между Англией и Францией, а в 1901 году первые радиосигналы были переданы через Атлантический океан. А. Попов первым обнаружил, что на радиосвязь влияли корабли, проходившие между приемником и передатчиком, и он выдвинул идею о возможности использовать электромагнитные волны для обнаружения морских судов (предвидение радаров). В начале XX века Г. Маркони успешно продолжил свои разработки радиоустройств, и в 1909 году он и Карл Браун¹⁸ создавший важнейшие компоненты будущих радаров, стали лауреатами Нобелевской премии по физике.

Так 100 лет назад начиналась радиотехника, на основе которой развились системы региональной, глобальной и космической связи, радиотелемеханика, радиометрия и радионавигация, радиолокация и радиотелескопия (применяющие, кстати, антенны и таких форм, которые предвидел Г. Герц). Телевидение, интернет и мобильный телефон используют радиосистемы. Даже СВЧ-печь имеет своим главным элементом излучатель, изобретенный первоначально для радиосистем.

Приведенный исторический экскурс позволяет наглядно показать различие между содержанием процессов открытия и изобретения (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Определение открытия и изобретения

Изобретения, сделанные на основе открытия, как правило, приводили к кардинальному изменению цивилизации. Так происходило, например, с открытием явлений термодинамики и электротермодинамики — создание электро-

¹⁵ Александр Попов (1859—1905) — российский физик и изобретатель, морской офицер.

¹⁶ Никола Тесла (1856—1943) — выдающийся американский (сербский) исследователь и изобретатель.

¹⁷ Гвильермо Маркони (1874—1937) — итальянский изобретатель и предприниматель.

¹⁸ Карл Браун (1850—1918) — немецкий изобретатель и исследователь, лауреат Нобелевской премии.

энергетики и электродвигателей; электромагнетизма — вплоть до изобретения лазера и магнитооптики; ядерной физики — создание ядерных электростанций; физики твердого тела и полупроводников — включая создание современных вычислительных систем и систем отображения информации. Сотни и тысячи изобретений создаются для превращения открытия в высокоэффективные технические системы.

Еще одно принципиальное отличие изобретения по сравнению с открытием состоит в следующем: изобретение имеет цель создания, определяющую его назначение, возможности применения. Эту цель определяет главная позитивная (полезная) функция системы MPF (Main Positive Function).

Например, MPF для радиосистемы можно сформулировать в следующем виде: передавать и принимать электромагнитные сигналы с управляемыми параметрами в радиочастотном волновом диапазоне.

А теперь рассмотрим явление, сближающее открытие и изобретение. Это — фантазия, изобретательность ученого и инженера. Открытие не имеет цели и содержит лишь объективное знание. Нужна нередко гениальная фантазия изобретателя, чтобы придумать, увидеть цель и идею технические решения (гипотезу) для практического применения нового знания, содержащегося в открытии. Но деятельность ученого требует не менее гениальной фантазии. Почти всегда открытию сопутствует предположение, гипотеза о сущности и взаимодействии наблюдаемых и даже искомых явлений. Гипотеза и есть научное и инженерное изобретение.

**Гипотеза, идея, предположение есть
изобретения ума, есть творческая фантазия**

Творческая идея есть объект неочевидный, не содержащийся непосредственно в известном знании и создаваемый только мышлением человека.

Именно акт рождения идеи, акт озарения остается одной из важнейших тайн человеческого мышления. Изобретение идеи есть видимая вершина, пик процесса изобретения. Цель любой теории изобретения должна состоять в том, чтобы предложить практические пути восхождения на эту вершину, достижения творческого пика, создания эффективных идей.

3.2. Уровни изобретений

Ступеньки лестницы цивилизации — миллионы изобретений — имеют разную высоту. В таблице на рис. 3.2 приведена классификация изобретений по уровням с учетом различных признаков, из которых обобщающим является уровень новизны.

Новизна здесь связывается с проявлением в изобретении неочевидного позитивного свойства, называемого новым позитивным системным эффектом.

Системный эффект — результат, который не был известен до создания изобретения и который непосредственно связан с разрешением в изобретении исходного системного противоречия

Крупнейшее изобретение с системным эффектом кардинального изменения цивилизации приравнено здесь по своему значению к открытию. Это деление весьма условно. Так, изобретение телеграфа, телефона и радио соответствует уровню 5. Создание радиотелефонной связи, сначала для военных самолетов и кораблей, развившейся через 50 лет в систему персональной связи в виде хэнди, по технической сущности можно отнести к уровню 4 или даже 3, а по влиянию на развитие цивилизации — к уровню 5.

Аспекты проблемы	Уровни изобретений				
	1 Рационализация	2 Модернизация	3 Принцип	4 Синтез	5 Открытие
Исходные условия	Четкая однопараметрическая постановка	Многопараметрическая постановка; есть прямые структурные аналоги	Плохоструктурированный «клубок» задач; есть только функциональные аналоги	Неизвестность многих факторов; нет близких функциональноструктурных аналогов	Неизвестность главных целевых факторов; аналогов нет
Ресурсы проблемы и решателя	Ресурс очевиден и легко доступен; обычная профессиональная подготовка	Ресурс неочевиден, но присутствует в системе; традиционная профессиональная подготовка	Ресурс часто привлекается из других систем и уровней; развитое комбинаторное мышление	Ресурсы из разных отраслей знания; сильное ассоциативное мышление, широкая эрудиция; способность преодолевать стереотипы	Неизвестный ресурс и/или его применение; исключительная избирательная мотивация, свобода от стереотипов
Сложность проблемы	Задачи без противоречий	Стандартные проблемы	Нестандартные проблемы	Экстремальные проблемы	Уникальные проблемы
Правила трансформации	Инженерное оптимизационное решение	Инженерное решение на основе типовых (стандартных) аналогов	Изобретательское решение на основе комбинирования методов	Изобретательское решение на основе интеграции научно-технических «эффектов»	Научно-техническое открытие
Уровень новизны	Небольшие параметрические изменения элементов	Оригинальные функционально-структурные решения без изменения принципа функционирования	«Сильные» изобретения с системным эффектом замены принципа функционирования	Выдающиеся изобретения с системным эффектом существенного изменения окружающих систем	Крупнейшие изобретения с системным эффектом кардинального изменения цивилизации

Рис. 3.2. Уровни изобретений

4. Изобретательское творчество

4.1. Изобретение теорий изобретения

Сокращенное изложение этой очень большой и недостаточно исследованной темы имеет все же крупную цель — подвести читателя к самостоятельному ответу на важный вопрос: можно ли так изучать опыт развития цивилизации, чтобы извлечь или изобрести сами методы изобретения, создать теорию изобретения?

Как ориентиры для нашего поиска и размышлений можно принять следующие мысли Цицерона:

NOSTRORUM MAJORUM INVENTA NOSCE DEBEMUS

Мы должны знать изобретения наших предков

SECUNDUM NATURAM VIVERE OPORTET

Следует жить в соответствии с Природой

Мы можем выделить две исторические фазы в развитии человечества: примерно до начала 1-го тысячелетия до н. э. и от этого рубежа до наших дней. В первой фазе мы видим *Homo Faber Technologicus* — человека, искусного в прикладных технических орудиях, но еще не овладевшего научной методологией. Во второй фазе, длившейся уже более 3000 лет, мы наблюдаем развитие *Homo Sapiens Technologicus* — человека, создающего и применяющего научную методологию и искусного в технических орудиях и системах.

Каким было начало «техноцивилизации»? Увы, ответ недоступно скрыт в глубине прошлого. Об этом прекрасно сказано в одной ТРИЗ-работе: лишь как свет немногих ярких факелов пробились к нам сквозь тьму веков такие имена как, например, Пифагор и Архимед, Сократ или Витрувий.

Как было организовано их мышление? И могла ли древнегреческая или древнекитайская цивилизация изобрести, например, телевидение, компьютер, аудио- или видеорекордер? Могли ли алхимики средневековья овладеть технологией создания композитных материалов? Или создать искусственного человека — *Homunculus*?

Мы знаем, что первые свои изобретения человек совершил многие сотни тысяч лет назад! Понятно, что эмпирический опыт первобытного творчества, если можно так выразиться, формировался, утрачивался и закреплялся в эти тысячи лет, поэтому определять сегодня находки древнего человека как методы можно только условно.

И все же, интерпретируя и обобщая сведения по истории первобытного общества, можно утверждать, что основными методами изобретательства были:

- аналогия как прямое подражание: игла, скребок, нож, крючки, гарпуны, острые палки — все это аналоги зубов, клювов и когтей животных;
- аналогия как копирование абстрактного образа (!): рисование, скульптура, игрушки, театральные фигуры и действия;
- соединение в целое: копье с наконечником, составной топор или молоток, сеть, витая нить из волос;
- разделение на части: разбивание камней для получения режущих или колющих кусков;
- изменение формы (например, рукояток орудий) и параметров: заострение, упрочнение, удлинение и т. п.;
- подбор и комбинирование различных материалов: дерево, кость, камень, шкура, кора (в том числе длинная, позволявшая плести сети и связывать части орудий), растительные волокна, глина, песок и т. п.;
- освоение различных источников энергии: огня — для приготовления пищи и для выжигания лодки из ствола дерева, силы животных, упругих свойств материалов, например, сухожилий животных, согнутой ветки, витой натянутой нити из волос или растительных волокон.

Эти эмпирические методы сохранились и до наших дней, прежде всего в объектах, связанных с физическими действиями человека: при производстве домашней посуды и украшений — плетеные вазы и кресла, глиняные кувшины и чашки; во множестве инструментов — ножи, пилы, топоры, вилы, молотки и молоты; работа на поле или в саду — лошадь или мул в качестве источника энергии для повозки; в установках для использования энергии воды и ветра (других, конечно, по принципу действия); спорт и отдых — метание копья и прыжки с шестом, рыбная ловля, прогулка на лодке; художественное творчество.

Выдающимися изобретениями человечества были:

- лук и стрелы, а от них — лира, кифара, арфа (и вообще музыка!);
- колесо (считается изобретенным примерно за 3500 лет до н.э. в Шумерском государстве);
- рычажные механизмы (подъемные и метательные);
- освоение высоких температур и получение изделий из металлов и сплавов путем плавки и ковки, особенно, из золота, бронзы и железа;

- освоение вращательного движения в мельничном жернове, в гончарном круге, при сверлении, а с середины V века до н.э. и в токарном станке, для подачи воды с помощью колесных черпалок;
- изобретение ткани как особого соединения нитей из каких-либо материалов в искусственную «шкуру» (теперь мы сказали бы: методом объединения однородных объектов в сетевую, или ретикулярную, структуру!);
- изготовление обуви и одежды, строительство искусственных конструкций для жилья из камня и песка, из дерева и костей, из коры и шкур животных;
- создание сложных узлов наподобие зубчатых колес, механизмов с гибкими связями на рычаги и/или колеса;
- создание первых автоматических устройств, приводимых в действие с помощью грузиков, прикрепленных к барабанам различного диаметра, например, вращавших или перемещавших театральные куклы с помощью гибких тяг!

Перечни эти не полны, и мы не стремимся ни к их расширению, ни к структурированию. Мы хотим понять, был ли и каким образом передавался опыт создания новых искусственных объектов, опыт поиска сильных решений как в обычной жизни людей, так и в экстремальных ситуациях (конфликты, войны, катастрофы, болезни).

К сожалению, до наших дней дошло не так уж много примеров обучения именно изобретательскому творчеству. Но эти примеры все же были! Они найдены, в основном, в греческих источниках, чудом сохранившихся и вернувшихся в Европу в начале 2-го тысячелетия н.э. с арабского Востока, причем дополненных как более ранними, так и более поздними египетскими, ближневосточными, среднеазиатскими и китайскими познаниями.

Пифагор¹⁹ и его школа создали учение, оказавшее большое влияние на становление философско-гуманитарного и научно-математического мышления об устройстве и развитии мира. Пифагорейцами постулировался взгляд на природу вещей, как на гармонию противоположностей. Гармония возможна лишь как «единство разнообразного» и «согласие разногласного». Она определяется (открывается или постулируется) только при наличии конкретной конфигурации противоположных качеств (в каком-то соотношении), например: предел — беспредельное, нечетное — четное, единое — множество, хорошее — дурное, правое — левое, мужское — женское, покоящееся — движущееся, свет — тьма.

Одним из первых учителей творчеству считается Сократ²⁰, использовавший свой метод обучения и решения проблем под названием «мэйотика», что в до-

¹⁹ Пифагор (около 580—500 г. до н. э.) — древнегреческий математик, религиозный и политический деятель.

²⁰ Сократ (470—399 г. до н. э.) — древнегреческий философ, идеолог антропоцентризма, один из родоначальников диалектики как метода отыскания истины (самопознания).

словном переводе означает акушерское искусство (помощь в деторождении) и метко характеризует его учение. Любимым изречением Сократа было изречение, написанное на фронтоне храма Аполлона в Дельфах (здесь приводится на латыни):

NOSCE TE IPSUM

Познай самого себя

С помощью иронических вопросов Сократ заставлял участников дискуссии со мневаться в общепринятых суждениях, искать противоречия в определениях, синтезировать идеи, основываясь на строгом определении предмета и следя цели достижения добра и добродетели, а через них — счастья для самого HSP и для других. Сократ связывал гармонию с принципом полезности. Он учил, что HSP способен только собственными усилиями приобрести знание, оно не может быть получено извне в готовом виде.

Архимед²¹ в своих сочинениях «Учение о методах механики» и других указывал метод получения идей на основе построения механических моделей и экспериментирования с ними, что должно было способствовать выдвижению гипотез и предположений, которые после этого должны подвергаться обязательной математической проверке и обоснованию. Архимед разработал для учеников развивающую игрушку (как мы сказали бы сегодня: «набор для конструирования» либо «puzzle»), включавшую 14 пластинок из слоновой кости, с помощью комбинирования которых можно было составлять различные фигуры, изображавшие, например, корабль, меч, шлем, храм и так далее.

Архимед, а также его ученик Ктесибий Александрийский²² и, предположительно, ученик последнего Герон Александрийский²³ были основателями школ искусства изобретательства (*ars inveniendi*). В своем сочинении «Театр автоматов» Герон Александрийский описывает познания по конструированию механических храмовых и театральных автоматов. Математик Папп Александрийский²⁴ описал поздние свидетельства последователей Герона о том, что изучившие хорошо теорию и овладевшие ремеслом становились впоследствии лучшими изобретателями и конструкторами.

Сочинение Витрувия²⁵ «Десять книг об архитектуре» служило руководством более полутора тысяч лет. В десятой книге дано, по-видимому, первое в истории техники определение машины: машина есть сочетание соединенных вместе... частей, обладающее огромными силами для передвижения тяжестей.

²¹ Архимед (287–212 до н. э.) — математик, инженер, изобретатель многих механических устройств, создатель учения о плавании тел и других.

²² Ктесибий Александрийский (II век до н. э.) — изобретатель пневматики, пожарного насоса (вообще кинематической пары цилиндр — поршень), водяных часов и органа.

²³ Герон Александрийский (II — I век до н. э.) — инженер-механик и оптик.

²⁴ Папп Александрийский (конец III — начало IV века н. э.) — математик и механик, автор сочинения «Эвристика», творивший в храме Муз (Музее) в Александрии Египетской.

²⁵ Марк Витрувий Поллион (I век до н.э.) — римский архитектор и инженер.

О пользе преподававшихся технических и «свободных» искусств можно судить хотя бы по выдающейся схеме (рис. 4.1) Квинтиллиана²⁶ для уточнения любой задачи с помощью 7 вопросов:

1	Кто? — Quis?	Субъект	1—2	1—3	1—4	1—5	1—6	1—7
2	Что? — Quid?	Объект	2—3	2—4	2—5	2—6	2—7	
3	Где? — Ubi?	Место	3—4	3—5	3—6	3—7		
4	Когда? — Quando?	Время	4—5	4—6	4—7			
5	Чем? — Quibus auxiliis?	Средство	5—6	5—7				
6	Как? — Quomodo?	Способ	6—7					
7	Почему? — Cur?	Причина либо Цель						

Рис. 4.1. Семь вопросов Квинтиллиана

При решении изобретательских задач полезны также парные комбинации вопросов, например: 1—5 (Кто — Чем) — кто и какие средства использует для решения; 2—3 (Объект — Место) — какой объект и где должен быть создан; 4—6 (Время — Метод) — каким методом и когда, или за какое время, предполагается решать задачу и так далее. Эти вопросы успешно применяются в методиках изобретения и в наши дни.

К сожалению, великие исследователи и инженеры прошлого, такие, как например, Леонардо да Винчи²⁷ или Галилей²⁸, Гюйгенс²⁹ или Ньютон³⁰, Агрикола³¹ или Рамелли³² и многие-многие другие вплоть до наших дней, не оставили в своих сочинениях своего опыта создания изобретений.

Начало научному изучению методологии творчества положили философы Фрэнсис Бэкон и Рене Декарт.

В 1620 году в сочинении «Новый органон» Ф. Бэкон³³ выступил как критик старого и создатель нового эмпирического метода в науке, сформулировал цель создания систематической техники изобретения. Он писал: «Те, кто занимались науками, были или эмпириками, или догматиками. Эмпирики, подобно муравью, только собирают и пользуются собранным. Догматики, подобно

²⁶ Квинтиллиан (I век н. э.) — римский теоретик ораторского искусства.

²⁷ Леонардо да Винчи (1452—1519) — великий итальянский художник, механик, изобретатель.

²⁸ Галилео Галилей (1564—1642) — выдающийся итальянский механик, астроном, физик.

²⁹ Христиан Гюйгенс (1629—1695) — выдающийся нидерландский астроном, физик, математик, ученик Галилея.

³⁰ Исаак Ньютон (1643—1727) — выдающийся английский физик и математик, открывший Закон Всемирного тяготения.

³¹ Агрикола (Георг Бауэр, 1494—1555) — известный немецкий врач, минералог и металлург.

³² Агостино Рамелли (1530—1590) — преемник Леонардо да Винчи, изобретатель.

³³ Фрэнсис Бэкон (1561—1626) — английский философ, родоначальник философского эмпиризма.

пауку, из самих себя создают ткань. Пчела же избирает средний способ, она извлекает материал из цветов сада и поля, но располагает его собственным умением... Следует возложить добрую надежду на более тесный и нерушимый союз этих способностей, то есть опыта и рассудка... Наш метод состоит в следующем: мы извлекаем не практику из практики и опыт из опытов (как эмпиреки), а причины и аксиомы — из практики и опытов, и из причин и аксиом — снова практику и опыты». Этот союз осуществляется, по мнению Ф. Бэкона, в индуктивном методе, в переходе от частных фактов к частным законам (малым аксиомам), а от них — к более общим (средним аксиомам), и наконец — к самым общим.

Декарту³⁴ принадлежит идея создания единого научного подхода, который носит у него название «универсальной математики». В сочинении «Рассуждение о методе», вышедшем в 1637 году, через 17 лет после «Нового органона», Декарт развивал дедуктивный, рациональный метод, который должен был, по его мнению, превратить познание в организованную деятельность, освободить познание от случайности, от таких субъективных факторов, как наблюдательность или острый ум, удача или счастливое стеченье обстоятельств. На основе познания общих, неизменных законов с помощью дедуктивного метода стало бы возможным выводить частные суждения по любой конкретной проблеме.

И сегодня удивительно актуальны «четыре правила мышления» Декарта:

Первое: не принимать за истинное что бы то ни было, прежде чем не признал это несомненно истинным, то есть стараться избегать поспешности и предубеждения и включать в свои суждения только то, что представляется моему уму так ясно и отчетливо, что никоим образом не сможет дать повод к сомнению.

Второе: делить каждую из рассматриваемых мною трудностей на столько частей, на сколько потребуется, чтобы лучше их разрешить.

Третье: руководить ходом своих мыслей, начиная с предметов простейших и легко познаваемых, и восходить мало-помалу, как по ступеням, до познания наиболее сложных, допуская существование порядка даже среди тех, которые в естественном порядке вещей не предшествуют друг другу.

И последнее: делать всюду настолько полные перечни и также общие обзоры, чтобы быть уверенным, что ничего не пропущено.

Г. Штайнбарт³⁵ считал, что каждое изобретение создается на базе известного, существующего путем сопоставления известных данных, предметов, идей методами их разделения, объединения и комбинирования. В качестве основных источников изобретений он указывал выявление скрытых свойств предметов, определение причин функционирования и изменений вещей, нахождение аналогий, определение полезности предметов и явлений.

³⁴ Рене Декарт (1596—1650) — выдающийся французский философ и математик.

³⁵ По работе «Gemeinnützige Anleitung des Verstandes zum regelmässigen Selbstdenken», 1787 известного немецкого исследователя Gotthilf Samuel Steinbart (1738—1809).

Фундаментальный 5-томный труд И. Бекманна³⁶ «История изобретений» является, по-видимому, первым научным исследованием способов создания изобретений. И. Бекманн писал: «Я имею модель искусства изобретения, такую, чтобы из теории видеть практический эффект в прямой пропорции с моим интересом (целью)».

Одним из фундаментальных трудов является книга Б. Больцано³⁷ «Науковедение», четвертая часть которой называется «Искусство изобретательства». Первым правилом Больцано считает определение цели и отсечение непродуктивных направлений поисков. Далее выясняется основной вопрос задачи, анализируется известное знание и определяются выводы из этого знания. Затем выдвигаются гипотезы и делаются попытки решить задачу разными методами. Предусматривается критическая проверка собственных и чужих суждений, производится отбор наиболее ценных суждений. В качестве специальных правил изобретательства Больцано рассматривал нахождение дополнительных задач, поиск аналогов, выявление и оценку реальности представлений, появившихся в подсознании, а также логические приемы мышления.

Ждут также достойных исследователей и последователей грандиозные замыслы еще двух творцов цивилизации: Готфрида Лейбница и Иоганна фон Гете³⁸.

Еще в молодости Лейбниц разработал собственную методику изобретательства (*Ars inveniendi*), преимущественно как методику комбинирования (*Ars combinatoria*), и поставил цель создать универсальный язык (*Characteristica Universalis*) как логическую систему для решения творческих, в том числе изобретательских, задач. Он указывал на особую роль понимания противоречия в структуре проблемы: первая среди истин разума — принцип противоречия (*Principium contradictionis*).

Христиан Вольф³⁹, последователь Лейбница, рассматривал основы методики изобретательства (*Erfinderkunst*) как непрерывно развивающееся знание, соединение изобретательской методики с опорными знаниями. Он придавал большое значение нахождению скрытых аналогий, сходства между объектами, развивая тезис Лейбница:

Полезно изучать открытия других таким способом, который и нам самим бы открыл источник изобретений

Гете принадлежит конкретизация принципа и метода выявления сходства объектов (морфологии) и определения типа, что является основой любой на-

³⁶ Иоганн Бекманн (1739—1811) — выдающийся немецкий исследователь истории изобретений и искусства изобретения, основатель технологии как науки.

³⁷ По работе «*Erfindungskunst*» (in: *Wissenschaftslehre*, 1837) известного чешского исследователя Bernhard Bolzano (1781—1848).

³⁸ Иоганн Вольфганг фон Гете (1749—1832) — выдающийся немецкий мыслитель, поэт, философ и естествоиспытатель.

³⁹ Христиан Вольф (1679—1754) — известный механик и изобретатель.

учной классификации и систематизации знаний: «...морфология делает своим главным предметом то, что в других науках трактуется при случае и мимоходом, собирая то, что там рассеяно, и устанавливая новую точку зрения, позволяющую легко и удобно рассматривать объекты Природы». Гете писал, что «общий, основанный на трансформациях, тип», хорошо можно наблюдать как «соединение множества единиц, которые можно считать одинаковыми но идеи и похожими в явлении» (курсив мой — М.О.). Эти идеи, как и идеи Лейбница, применительно к систематизации знаний о методах изобретательского творчества остаются не реализованными в полной мере и до наших дней.

С XVIII века в период первых промышленных революций творчество начало все больше ориентироваться на pragматические цели, а pragматический подход потребовал и более практических, более инструментальных методов. И хотя появилось больше исследователей, изучавших изобретательское творчество, все же в XVIII—XIX веках такие методы не были созданы. Предваряя последующие примеры и используя определение Гете, можно сказать, что практически все исследования относились к наблюдению явлений, сопровождающих процесс изобретения, а не к анализу идей и сути изобретений как изменений «от существующего — к возникающему».

Герман Гельмгольц⁴⁰ многократно отмечал, что догадки относительно решения творческой проблемы приходят в результате всестороннего рассмотрения ее, что позволяет мысленно обозревать все ее глубины и узлы. Без продолжительной предварительной работы это большей частью невозможно.

Т. Рибо⁴¹ называл основным источником изобретений воображение. Он принципиально отрицал возможность создания методики изобретательства, но в то же время указывал на огромное значение таких приемов изобретательства, как объединение-разъединение и аналогии. Последним он придавал особенно большое значение, подчеркивая, что человек изобретает только потому, что способен составлять новые сочетания из известных идей. По Рибо важнейшими методами изобретательства на основе воображения являются: олицетворение, одушевление технического объекта; мистическое, символическое воображение; метаморфоза, перенос частных свойств на другой объект.

Анри Пуанкаре⁴² высказал немало интересных оценок и догадок. По его определению, творчество заключается в создании новых полезных комбинаций, при этом он настаивал на мнении, что мышление изобретателя имеет явно избирательный, направленный характер, так как «бесплодные комбинации даже не приходят в голову изобретателю». В этом отношении он сравнивал изобретателя с экзаменатором второй ступени, который спрашивает только кандидатов, допущенных к экзаменам после первого испытания. Интересно отметить высказывания Пуанкаре о том, что творческий процесс состоит из чередования сознательных и бессознательных усилий нашего мозга, а также о роли эстетич-

⁴⁰ Герман Гельмгольц (1821—1894) — известный немецкий физик, врач по образованию, один из первооткрывателей закона сохранения энергии.

⁴¹ Theodule Ribot (1838—1916) — известный французский психолог и исследователь творчества.

⁴² Анри Пуанкаре (1854—1912) — известный французский математик и астроном, внесший заметный вклад в методологию творчества.

ских критериев в творчестве. Он утверждал, что гармония удовлетворяет нашим эстетическим потребностям и служит одновременно подспорьем для ума; с другой стороны, всякая «некрасивость» теории или гипотезы настораживает.

Начало XX века было отмечено ростом усилий по созданию методик изобретения.

Вильгельму Оствальду⁴³ принадлежит утверждение, что методике изобретательства можно научиться. Он выражал надежду, что искусство изобретения будет становиться общим достоянием и в конце концов сделается столь необходимой и обыденной принадлежностью физической и духовной жизни, как, например, письмо, чтение и письмо. Изобретать можно, следуя определенным принципам, а в качестве примера он приводил творчество Эдисона⁴⁴.

Действительно, Эдисона можно считать создателем первого в мире научно-исследовательского института, в котором экспериментальная поисковая работа разделялась между большим числом параллельно работающих исследователей. Исследовательская лаборатория была организована им в Менло-Парке в 1872 году. За шесть с половиной первых лет работы лаборатории было получено более 300 патентов, то есть по 2 патента в неделю.

Поточную систему производства патентов создал А. Белл: с 1879 по 1900 год лаборатории его компании получали в среднем 1 патент в каждые 2,5 дня, а всего за это время более 3000 патентов.

Оствальд отмечал, что в конце XIX и в начале XX века произошли большие изменения в характере творчества. Если раньше за изобретательскими находками отправлялись, как охотник за добычей в лес или поле, который не знает, что он найдет и найдет ли вообще что-нибудь, то теперь охоту можно заменить продуманной облавой (по Эдисону), и нужно быть неумелым охотником, чтобы упустить дичь.

Здесь виден как бы ответ на образное описание творчества по Джозефу Пристли⁴⁵, сравнившему изобретательские поиски с тем, как охотник ищет добычу в лесу, в чем большая роль принадлежит случайности. Пристли рекомендовал осуществлять мысленно неожиданные аналогичные эксперименты, ссылаясь, что самыми смелыми и самыми оригинальными изобретателями являются те, кто предоставляет свободу своему воображению и допускает сочетание самых далеких друг от друга идей. И хотя многие из этих идей впоследствии окажутся фантастическими, некоторые из них могут привести к величайшим открытиям.

В начале XX века поиски новых теорий изобретения как бы сужаются, а сами теоретические методы становятся конкретнее. Их уже можно отобразить в виде схем, показывающих определенные фазы творческого процесса.

⁴³ Вильгельм Фридрих Оствальд (1853–1932) — известный немецкий химик.

⁴⁴ Томас Алва Эдисон (1847–1931) — выдающийся американский изобретатель и предприниматель.

⁴⁵ Джозеф Пристли (1733–1804) — известный английский философ-естественноиспытатель.

Схема Уильяма Джеймса⁴⁶, предложенная им в 1905 году, имеет следующий вид:

1. Определение конкретного факта S.
2. Выяснение, является ли это S некоторым P или каким образом из S можно получить P.
3. Поиск в бесконечном множестве аспектов S особого свойства M, которое приводит к желаемому P.

Схема «тотального синтеза» Петера Беренса⁴⁷ (1907 год):

1. Формирование общей концепции объекта.
2. Определение основных компонентов объекта.
3. Поиск основных способов выполнения каждого компонента.
4. Синтез всевозможных сочетаний.

П. Энгельмайер⁴⁸ в 1910 году в своей книге «Теория творчества» писал: «Взглянув на созидаемое изобретение как на развивающийся организм, мы себя спросим: нет ли в этом эмбриологическом процессе таких стадий, которые повторялись бы во всех изобретениях, независимо от внешних обстоятельств и форм самого процесса?»

Свою схему Энгельмайер называл «трехактной»:

Первый акт: интуиции и желания.

Происхождение замысла. Появление идеи, гипотезы, принципа изобретения, цели того, над чем следует работать.

Второй акт: знания и рассуждения.

Выработка плана работы. Ставятся мысленные опыты, проводятся эксперименты и логический анализ, определяется новизна.

Третий акт: умения.

Конструкционное выполнение изобретения. Решение задач применения, эксплуатации.

Схема Д. Дьюи⁴⁹ (1910 год):

1. Столкновение с трудностью, попытки вскрыть элементы и связи, приводящие к противоречию.
2. Ограничение зоны поиска (локализация проблемы).
3. Возникновение возможного решения: движение мысли от того, что дано, к тому, что отсутствует; образование идеи, гипотезы.
4. Рациональная обработка одной идеи, логическое развитие основного положения.

⁴⁶ Уильям Джеймс (1842—1910) — выдающийся американский психолог, создатель теории «потока сознания» и направления «функционализма» в психологии, а также направления «прагматизма» в философии.

⁴⁷ Peter Behrens (1868—1940) — немецкий профессор архитектуры, в 1907—? г. — консультант AEG.

⁴⁸ Петр Энгельмайер (1855—1942) — выдающийся русский исследователь теории творчества и философии техники.

⁴⁹ John Dewey (1859—1952) — американский философ.

Схема Г. Уолласа⁵⁰ (1926 год):

1. Подготовка.
2. Созревание (инкубация).
3. Вдохновение (озарение).
4. Проверка.

Случайны ли были эти⁵¹ и другие подобные схемы? По мнению многих исследователей эти схемы не случайны и отражают часто наблюдаемые в творческой практике похожие последовательности действий. И все же внимательное рассмотрение этих схем обнаруживает их существенную неодинаковость.

Освобождаясь от подробностей, известные методы и теории можно разделить на три группы.

Первая группа описывает творчество как исключительно интуитивный процесс, схватывающий внешние проявления этого процесса (Энгельмайер, Уоллес, Рибо, а ранее — Пристли, Гельмгольц, Пуанкаре и многие другие, в целом — большинство авторов).

Вторая группа существенно опирается на логический подход, включающий построение обобщенного образа объекта и систематическое выявление всех возможных вариантов его построения (Беренс, а ранее Штайнбарт и многие приверженцы комбинаторики во главе с великим Лейбницем).

В третьей группе основное — разобраться в сути проблемы, выявить элементы и свойства, приводящие к противоречию, поиск способов снять это противоречие (Дьюи, Джеймс, а ранее — Больцано, Гете, Лейбниц, Декарт и другие весьма авторитетные исследователи). Именно третье направление оставалось неразвитым дольше других.

4.2. Традиционные методы изобретения

В середине XX века появилось сразу несколько методов, которые не потеряли своей популярности вплоть до наших дней.

Метод фокального объекта (MFO) уходит корнями к древнегреческим искусствам мышления, но в современном виде был сформулирован в 20-х годах XX века Ф. Кунце⁵², а в 50-х годах был усовершенствован Ч. Вайтингом⁵³. Суть MFO состоит в том, что усовершенствуемый объект как бы устанавливается в «фокусе», в котором концентрируется внимание, после чего этот объект сопоставляется с любыми другими, случайно выбираемыми из реального мира. В качестве способа выбора сопоставляемых объектов может быть использована книга, открытая на случайной странице, на которой выбирается

⁵⁰ Graham Wallas (1858–1932) — английский исследователь психологических факторов в политики; автор книги *The Art of Thought*, Harcourt Brace, New York, 1926.

⁵¹ Цитируется, включая разделение на группы, с небольшими изменениями по работе А. Кудрявцева «Методы интуитивного поиска технических решений», 1992.

⁵² Friedrich Kuntze (1881–1929) — известный немецкий психолог.

⁵³ Whiting Ch. S. Creative Thinking. Reinhold, New York, 1958.

случайное слово; могут быть выбраны какие-либо предметы на витрине магазина или объекты природы и тому подобное. Соединение свойств двух объектов — фокального и случайно выбранного — может приводить к оригинальным идеям для изменения фокального объекта. Основные свойства подхода указаны на рис. 4.2.

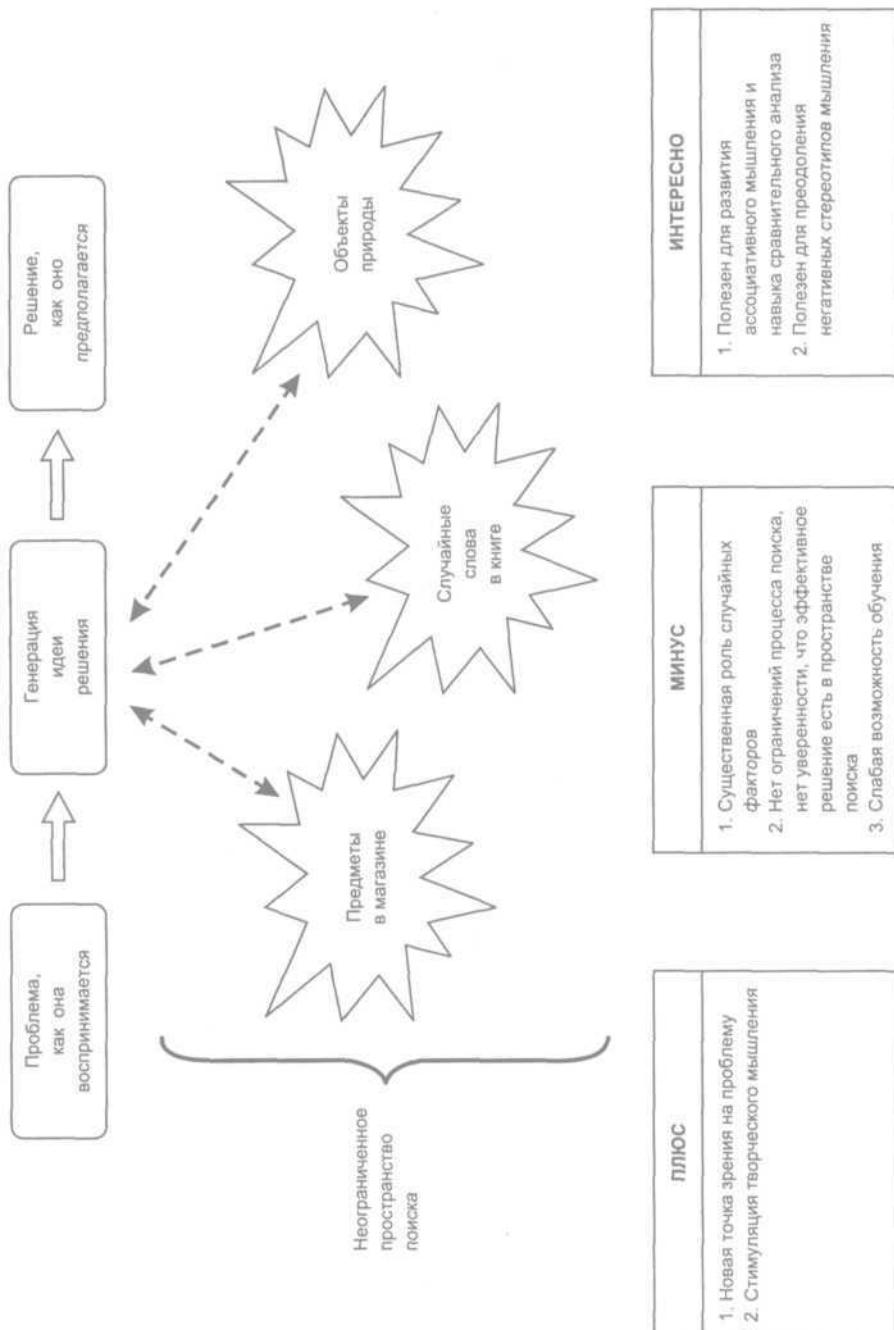


Рис. 4.2. Метод фокальных объектов

Брейнсторминг (BS), предложенный в 40-х годах бывшим морским офицером Алексом Осборном⁵⁴, получил чрезвычайно большое распространение. Следующие особенности отличают этот метод от MFO: предварительный анализ ситуации с помощью списка контрольных вопросов; наличие двух фаз работы — генерация идей и критика идей. Известно много разновидностей BS. Основные свойства подхода указаны на рис. 4.3.

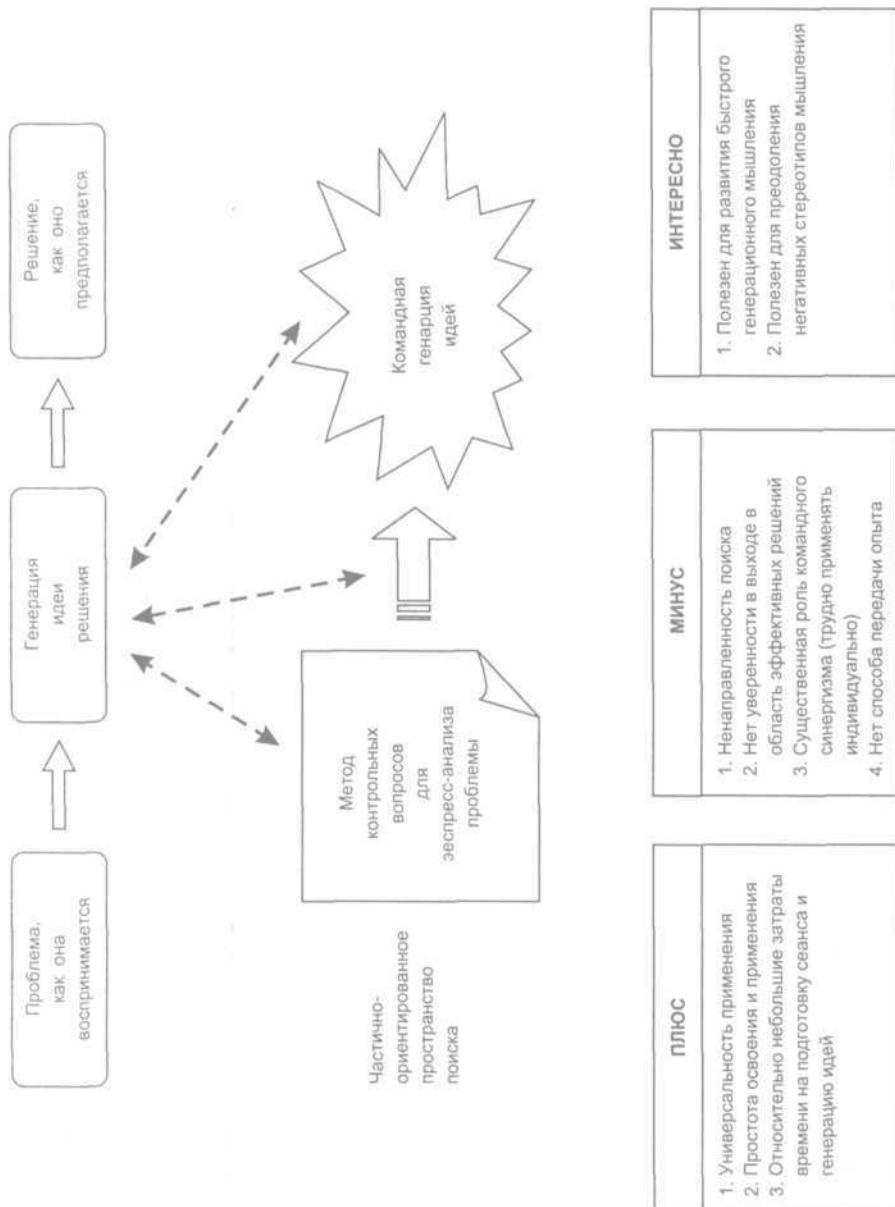
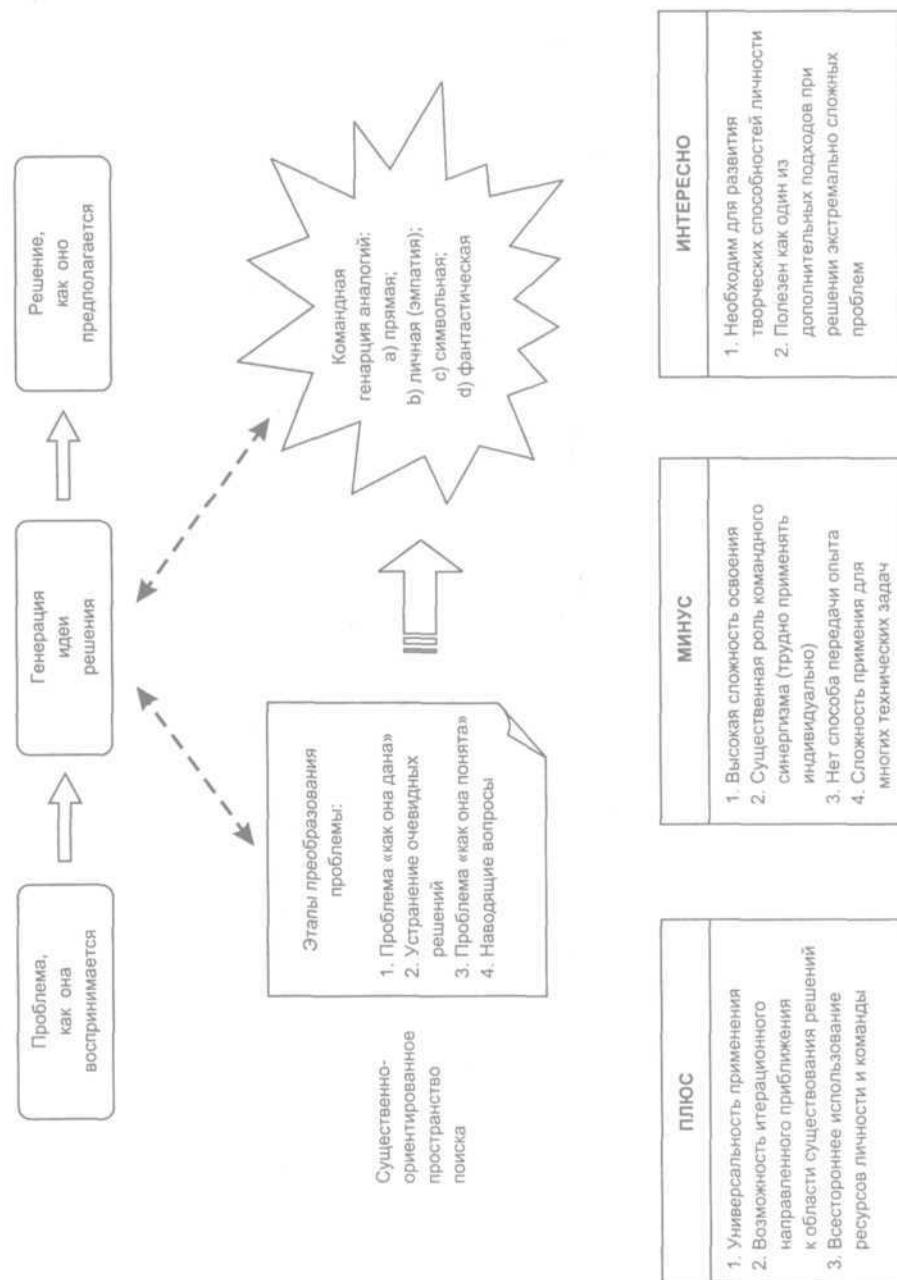


Рис. 4.3. Брейнсторминг

⁵⁴ Алекс Осборн (1888—1966) — автор метода «брейнсторминг», консультант и предприниматель; см. Osborn A.F. Applied imagination, Scribner's Sons, 1963.

Синектика (SYN) была разработана У. Гордоном (55) и имеет не менее глубокие корни, чем MFO, и вполне очевидно связана с идеями Рибо. SYN, как и BS, ориентирована на командную реализацию и мало приспособлена для индивидуального применения (рис. 4.4).



⁵⁵ Gordon W.J.J. *Synectics: the development of creative capacity*, Harper & Row, New York, 1961.

Рис. 4.4. Синектика

Метод морфологического анализа (ММА) Ф. Цвикки⁵⁶, аналогичный по замыслу методу «тотального синтеза» Беренса и методологически восходящий к комбинаторике Лейбница (рис. 4.5). Этот метод остается весьма полезным и популярным для поиска границ системных решений и для систематического анализа возможных (перспективных) направлений решения проблем.

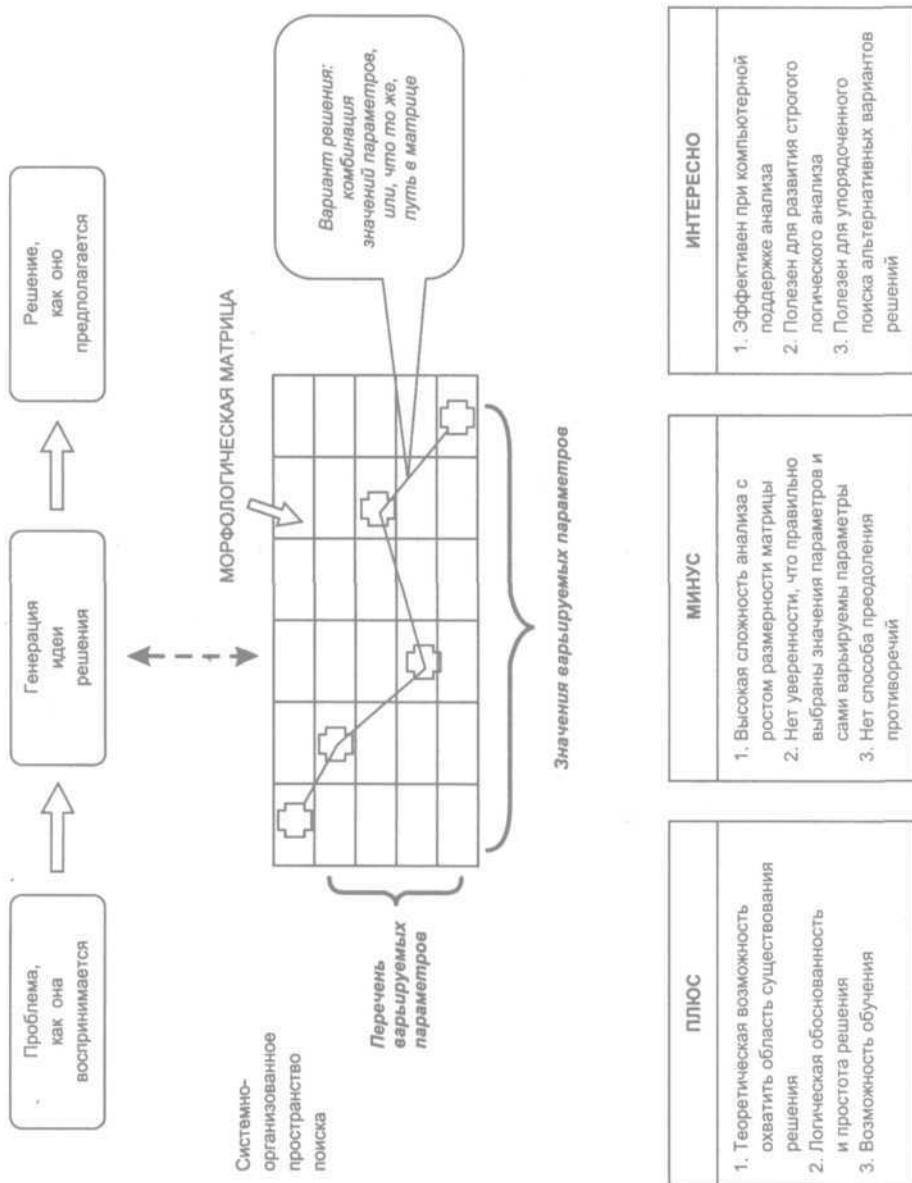


Рис. 4.5. Морфологический анализ

⁵⁶ Fritz Zwicky (1898–1974) — известный американский астроном и инженер, эмигрировавший из Швейцарии.

Важно заметить, что «центр тяжести» методов все больше смешается в сторону усиления логической составляющей, в сторону увеличения направленности поиска решений.

Усиление логической составляющей и соединение интуитивных моделей с практикой инженерного проектирования хорошо видны в работах многих исследователей в 70-х и 80-х годах XX века⁵⁷. И все же в этом объединении опять-таки почти ничего не меняется по отношению к объекту и к составу операций преобразования, а лишь вносится организационная и системная упорядоченность уровней и этапов решения сложных инженерных задач. В итоге намеченная направленность подхода размывается, а системотехническая терминология лишь слабо прикрывает все ту же «голую интуицию».

Латеральное мышление (LT) психолога и педагога Эдварда де Бено представляет собой подробно разработанную стратегию всестороннего развития творческих способностей личности. Методы поиска идей в LT стимулируют стратегическую интуицию, умение увидеть решение в целом, предусматривают рациональный тактический анализ вариантов, многоаспектное рассмотрение возможностей при решении проблем. Работы де Бено намного расширяют понимание возможностей интуитивного поиска идей по сравнению, например, с BS. Однако, для LT остаются справедливыми ограничения, отмеченные для BS (рис. 4.3).

Нейролингвистическое программирование (NLP) можно рассматривать как наиболее глубокую психо-физиологическую стимуляцию творческих способностей личности. При тренинге с профессиональным психологом-педагогом возможно освоение техник входления в состояния повышенной концентрации памяти и внимания (в частности, помогает обучиться скорочтению и освоению иностранных языков), более свободного ассоциативного мышления и визуализации (метод Mind Mapping), актуализации собственного опыта успешного решения проблем, артистического входления в образ других личностей, например, художников или изобретателей. NLP не свободно от ограничений, свойственных SYN (рис. 4.4).

⁵⁷ См., например, работы немецкого инженера, профессора J. Müller, «Methoden muß man anwenden», 1980 и английского специалиста J. C. Jones, «Design methods», 1982.

5. Классическая ТРИЗ

5.1. Идеи ТРИЗ

Краткий итог нижеизложенному о теориях творчества можно подвести следующим выводом, принадлежащим Генриху Альтшуллеру:

«150 лет назад резко увеличились темпы развития науки, началась научная революция, показавшая, что мир *неограниченно познаем*. Одновременно разворачивалась и революция техническая, утвердившая мысль, что мир *неограниченно изменяем*.»

Рабочий инструмент этих титанических революций — творческое мышление. Но, как ни парадоксально, *само творческое мышление, его технология, не претерпели качественных изменений.*»

Г. Альтшуллер. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск, 1986

После окончания военного училища Г. Альтшуллер работал в патентном бюро и еще в 1945 году обратил внимание на большое число неэффективных и слабых предложений. Вскоре он понял, что слабые решения игнорируют ключевые свойства проблем и породивших их систем. И даже самые гениальные изобретения также были, в основном, продуктом случая или длительной изнурительной «осады». Изучение известных методов изобретения и психологии инженерного творчества укрепило Г. Альтшуллера в сделанном выводе.

Все подходы опирались на метод «проб и ошибок», на интуицию и воображение. Ни один подход не исходил из исследования закономерностей развития систем и из физико-технического противоречия, содержащегося в проблеме.

В то же время в истории философии и в инженерных работах было достаточно примеров более эффективного анализа проблем. Наиболее убедительные примеры Г. Альтшуллер обнаружил в работах К. Маркса⁵⁸ и Ф. Энгельса⁵⁹. Им принадлежит выдающаяся роль в определении признаков и фаз исторических

⁵⁸ Карл Маркс (1818—1883) — выдающийся немецкий экономист и философ-материалист.

⁵⁹ Фридрих Энгельс (1820—1895) — выдающийся немецкий философ-материалист.

изменений, происходивших в истории человечества, и связанных с изобретением и развитием новых технологий и машин, изменяющих характер труда человека, усиливающих его отдельные функции либо полностью вытесняющих человека из производственных операций.

Две фундаментальные идеи пронизывают приводимые ими примеры:

- 1) изобретения появляются как преодоление противоречия;*
- 2) противоречия появляются как следствие неравномерного развития отдельных частей технических систем.*

Так, в работе «История винтовки» («Geschichte des gezogenen Gewehrs» / F. Engels, 1860) Энгельс приводит многочисленные примеры технических противоречий, определяющих всю эволюцию винтовки и возникающих как из-за изменения требований к применению, так и из-за выявления внутренних недостатков. В частности, длительное время главное противоречие состояло в том, что для удобства заряжания и увеличения скорострельности требовалось укорачивать ствол (заряжение производилось насыпанием пороха и закладыванием пули через ствол), а для увеличения точности стрельбы и достижения противника с большей дистанции в штыковом бою требовалось удлинять ствол. Эти противоречивые требования были соединены (!) в винтовке, заряжающейся со стороны казенной части.

Но эти примеры остались неоцененными методологами и практиками творчества, и рассматривались лишь как иллюстрации к диалектическому материализму.

В 1956 году Г. Альтшуллер публикует свою первую статью⁶⁰, в которой ставит проблему создания теории изобретательского творчества и предлагает основные идеи для ее развития:

- 1. Ключ к решению проблем — выявление и устранение системного противоречия!**
- 2. Тактика и методы решения проблем (приемы) могут быть выявлены на основе анализа сильных изобретений.**
- 3. Стратегия решения проблем должна опираться на закономерности развития технических систем.**

В современной редакции первую версию технологии создания изобретательских идей можно представить схемой, приведенной на рис. 5.1.

⁶⁰ Г. Альтшуллер, Р. Шапиро. О психологии изобретательского творчества. Журнал «Вопросы психологии». Москва, 6'1956.



Рис. 5.1. Ключевая ТРИЗ-схема для создания изобретательских решений на основе устранения противоречия

К 1961 году Г. Альтшуллер исследовал уже около 10 000 изобретений из 43 патентных классов! Идея о возможности выявления изобретательских приемов полностью подтвердилась в виде следующего открытия:

- 1. Изобретательских задач — бесчисленное множество, а типов системных противоречий сравнительно немного.**
- 2. Существуют типичные системные противоречия и существуют типовые приемы их устранения.**

Автор будущей ТРИЗ писал: «...конечно, каждая техническая задача по-своему индивидуальна. В каждой задаче есть что-то свое неповторимое. С помощью анализа появляется возможность пробиться к главному — к системному противоречию и его причинам. И положение сразу меняется. Появляется возможность вести творческий поиск по определенной рациональной схеме. Магической формулы нет, но есть приемы, достаточные для большинства случаев.»

5.2. Становление классической ТРИЗ

Генрих Альтшуллер часто подчеркивал, что, в сущности, ТРИЗ организует мышление человека так, как будто в его распоряжении имеется опыт всех, или очень многих, талантливых изобретателей. Обычный, даже очень опытный изобретатель использует свой опыт, основанный на внешних аналогиях: вот эта новая задача похожа на такую-то старую задачу, значит, и решения должны быть похожи. Изобретатель, знающий ТРИЗ, видит намного глубже: вот в этой новой задаче имеется такое-то противоречие, значит, можно использо-

вать идею решения из старой задачи, которая внешне совсем не похожа на новую, но содержит аналогичное противоречие!

С появлением первой версии АРИЗ (рис. 5.1) началось становление Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). Автор ТРИЗ показывает различия между понятиями прием, метод и теория следующим образом.

Прием — одинарная, элементарная операция. Прием может относиться к действиям человека, решавшего задачу, например, «используй аналогию». Прием может относиться и к рассматриваемой в задаче технической системе, например, «дробление системы», «объединение нескольких систем в одну». Приемы как бы не направлены: неизвестно, когда тот или иной прием хорош, а когда не сработает. В одном случае аналогия может навести на решение задачи, а в другом — увести от него. Приемы не развиваются, хотя набор приемов можно пополнять и развивать.

Метод — система операций, обычно включающих приемы, предусматривающая определенный порядок их применения. Методы обычно основаны на каком-то одном принципе, постулате. Так, в основе брейнсторминга лежит предположение, что решение задачи можно получить, дав «выход из подсознания неуправляемому потоку идей». В основе АРИЗ лежит принцип подобия в моделях развития, в моделях противоречий и в моделях разрешения противоречий. Методы развиваются весьма ограниченно, оставаясь в рамках исходных принципов.

Теория — система многих методов и приемов, предусматривающая целенаправленное управление процессом решения задач на основе знания закономерностей (моделей) развития сложных технических и природных объектов.

Можно сказать также, что прием, метод и теория образуют иерархию типа «кирпич — дом — город» или «клетка — орган — организм».

К 1985 году, году вершины своего становления, классическая ТРИЗ развивалась уже почти 40 лет. Сам автор ТРИЗ так описывает развитие своей теории.

Этап 1. Работа над АРИЗ была начата в 1946 году. Впрочем, самого понятия «АРИЗ» тогда еще не было. Проблема ставилась иначе:

Надо изучить опыт изобретательского творчества и выявить характерные черты хороших решений, отличающие их от плохих. Выводы могут быть использованы при решении изобретательских задач.

Почти сразу удалось обнаружить, что решение изобретательской задачи оказывается хорошим (сильным!), если оно преодолевает техническое противоречие (ТП), содержащееся в поставленной задаче, и наоборот, плохим, если ТП не выявлено или не преодолено.

Далее выяснилось нечто совершенно неожиданное: оказалось, что даже самые опытные изобретатели не понимают, не видят, что правильная тактика решения изобретательских задач должна состоять в том, чтобы шаг за шагом выявлять

лять ТП, исследовать его причины и устранять их, тем самым устранивая и ТП. Столкнувшись с открытым, кричащим о себе ТП, и увидев, что задачу удалось решить благодаря его устранению, изобретатели не делали никаких выводов на будущее, не меняли тактику и, взявшись за следующую задачу, могли потратить годы на перебор вариантов, даже не пытаясь сформулировать содержащееся в задаче противоречие.

Рухнули надежды извлечь из опыта больших (великих, крупных, опытных, талантливых) изобретателей нечто полезное для начинающих: большие изобретатели работали тем же примитивным методом проб и ошибок.

Этап 2. На втором этапе проблема была поставлена так:

Надо составить программу планомерного решения изобретательских задач, годную для всех изобретателей. Эта программа должна быть основана на пошаговом анализе задачи, чтобы выявлять, изучать и преодолевать технические противоречия. Программа не заменит знаний и способностей, но она предохранит от многих ошибок и даст хорошую тактику решения изобретательских задач.

Первые программы (АРИЗ-1956 или АРИЗ-1961) были весьма далеки от АРИЗ-1985, но с каждой новой модификацией они становились четче и надежнее, постепенно приобретая характер программ алгоритмического типа. Были составлены таблицы приемов устранения ТП (см. приложения 3. А-Матрица выбора специализированных навигаторов и 4. Каталог специализированных А-Навигаторов — в современной редакции автора настоящей книги). Главным материалом для исследований стала патентная информация, описания изобретений. Начали проводиться первые семинары, накапливался опыт обучения АРИЗ.

И снова обнаружилось неожиданное. Оказалось, что при решении задач высших уровней нужны знания, обязательно выходящие за пределы специальности, которую имеет изобретатель. Производственный опыт навязывает бесплодные пробы в привычном направлении, а применение АРИЗ и его информационного обеспечения (приемы и т. п.) лишь улучшило ход решения задачи.

Обнаружилось, что человек не умеет эффективно решать изобретательские задачи высших уровней. Поэтому ошибочны все методики, основанные только на стремлении активизировать «творческое мышление», поскольку это попытки хорошо организовать плохое мышление (здесь курсив Г. Альтшуллера). Таким образом, второй этап, начавшийся с мысли о том, что изобретателям надо дать вспомогательный инструмент, завершился выводом о необходимости перестройки изобретательского творчества, изменения самой технологии создания изобретения.

Программа теперь стала рассматриваться как самостоятельная, не зависимая от человека система решения изобретательских задач. Мышление должно следовать этой системе, управляемая ею — и тогда оно будет талантливым.

Возникло понимание, что операции, производимые в АРИЗ, должны быть со-
поставлены с объективными закономерностями развития технических систем.

Этап 3. Формула третьего этапа была такой:

Изобретения низших уровней — вообще не творчество. Изобретения выс-
ших уровней, делаемые методом проб и ошибок, — это плохое творчество.
Нужна новая технология решения изобретательских задач, позволяющая
планомерно решать задачи высших уровней. Эта технология должна осно-
вываться на знании объективных законов развития технических систем.

Как и на втором этапе, основным материалом для работы была патентная
информация. Но ее изучение велось теперь не только для выявления новых
приемов и сведения их в таблицу устранения технических противоречий,
сколько для исследования общих закономерностей развития технических
систем.

Главное открылось в том, что изобретение — это развитие технической систе-
мы. Изобретательская задача — только одна из форм, в которой потребности
развития технической системы обнаруживаются человеком. ТРИЗ изучает изо-
бретательское творчество с целью создать эффективные методы решения изо-
бретательских задач.

В этом определении присутствует мысль, которая может показаться «еретиче-
ской»: что же, все существующие методы плохи и нуждаются в замене? Но
ведь пользуясь этими «методами», люди сделали величайшие открытия! На
этих «методах» основана современная индустрия изобретений, лающая еже-
годно многие десятки тысяч новых технических идей. Чем же плохи совре-
менные «методы»?

Существуют привычные, но неверные суждения об изобретательском творче-
стве, например:

- 1) «Все зависит от случайности», — говорят одни.
- 2) «Все зависит от знаний и упорства, надо настойчиво пробовать разные ва-
рианты», — утверждают другие.
- 3) «Все зависит от прирожденных способностей», — заявляют третья.

В этих суждениях есть доля правды, но правды внешней, поверхностной.

Неэффективен сам «метод проб и ошибок». Современная «индустрия изобрете-
ний» организована по «методу Эдисона»: чем труднее задача и чем больше
проб надо проделать, тем большее количество людей направляется на поиски
решения. Эту критику Генрих Альтшуллер подкреплял следующим образом:
ясно, что тысяча землекопов могут рыть иные по размерам ямы. чем один
землекоп, но сам способ рытья остается прежним. С помощью же хорошего
метода «одиночка»-изобретатель, словно экскаваторщик, работает намного
продуктивнее «коллектива землекопов»!

При решении задачи без ТРИЗ изобретатель сначала долго перебирает привычные, традиционные варианты, близкие ему по специальности. Иногда ему вообще не удается уйти от таких вариантов. Идеи направлены в сторону «вектора психологической инерции» (PIV — Psychological inertia vector). PIV обусловлен самыми разными факторами: тут и боязнь выйти за рамки профессии и вторгнуться в «чужую» область, и опасение выдвинуть идею, которая может показаться смешной, и, разумеется, незнание приемов генерирования «диких» идей.

Автор ТРИЗ иллюстрировал «метод проб и ошибок» следующей схемой (рис. 5.2).

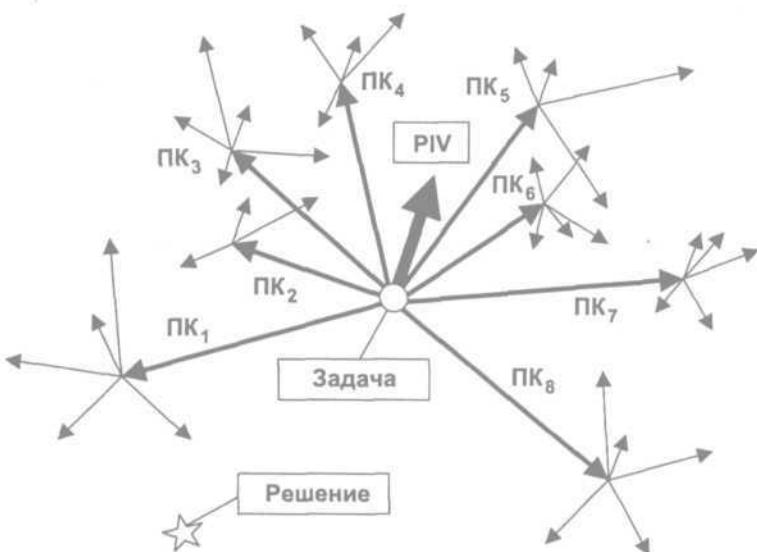


Рис. 5.2. Схема поиска «методом проб и ошибок»

От точки «Задача» изобретатель должен попасть в точку «Решение». Где именно находится эта точка, заранее неизвестно. Изобретатель создает определенную поисковую концепцию (ПК) и начинаются «броски» в выбранном направлении (они обозначены тонкими стрелками). А потом становится ясно, что неправильна вся ПК, и что поиски идут совсем не в том направлении. Изобретатель возвращается к исходной постановке задачи, выдвигает новую ПК и начинает новую серию «бросков» типа «А что, если сделать так?».

На схеме стрелки расположены гуще в направлении, не совпадающем и даже противоположном от направления «Решения». Дело в том, что пробы совсем не так хаотичны, как кажется на первый взгляд. Они очень даже организованы... в направлении предыдущего опыта! То есть, в направлении PIV!

Задачи разных уровней существенно отличаются числом проб, необходимых для отыскания решения. Но почему одна задача требует 10 проб, другая — 100, а третья — 10 000?! В чем качественная разница между ними?

И Генрих Альшуллер приходит к следующим выводам (см. также раздел 3.2 Уровни изобретений и рис. 3.2).

1. Задачи могут отличаться по содержанию требуемых знаний. На первом уровне задача и средства ее решения лежат в пределах одной профессии (одного раздела отрасли). На втором уровне — в пределах одной отрасли (например, машиностроительная задача решается способом, уже известным в машиностроении, но в другой его отрасли). На третьем уровне — в пределах одной науки (например, механическая задача решается на основе законов механики). На четвертом уровне — за пределами науки-«задачедательницы» (например, механическая задача решается химически). На высших подуровнях пятого уровня — вообще за пределами современной науки (поэтому сначала нужно получить новые научные знания или сделать открытие, а потом применить их к решению изобретательской задачи).
2. Задачи могут отличаться по структуре взаимодействующих факторов. Это можно показать на различии «структур», например, задач первого и четвертого уровней.

Для задач первого уровня характерно:

- 1) Небольшое число взаимодействующих элементов.
- 2) Неизвестных факторов нет или они несущественны.
- 3) Легкость анализа:
 - элементы, которые могут быть изменены, легко отделяются от элементов, не поддающихся изменениям в условиях задачи;
 - взаимное влияние элементов и возможных изменений легко прослеживается.
- 4) Некоторое осложнение состоит в том, что часто решение требуется получить в короткое время.

Для задач четвертого уровня характерно:

- 1) Большое число учитываемых элементов.
- 2) Значительное число неизвестных факторов.
- 3) Сложность анализа:
 - трудно отделить элементы, которые могут быть изменены в условиях задачи;
 - трудно построить достаточно полную модель взаимного влияния элементов и возможных изменений.
- 4) Некоторое упрощение состоит в том, что на поиск решения отводится относительно большое время.
3. Задачи могут отличаться по степени изменения объекта. В задачах первого уровня объект (устройство или способ) практически не изменяется, например, устанавливается новое значение одного параметра. На втором уровне объект незначительно изменяется, например, в деталях. На третьем уровне объект существенно изменяется (например, в важнейших частях), на четвертом — полностью меняется, а на пятом изменяется также и техническая система, в которую входит измененный объект.

Поэтому нужен способ «перевода» изобретательских задач с высших уровней на низшие и превращения тем самым «трудной» задачи в «легкую», например, с помощью быстрого сокращения поискового поля.

4. Природа не выработала эвристических приемов высших порядков! На протяжении всей эволюции мозг человека приспособился лишь к решению задач, соответствующих примерно первому уровню.

Возможно, что, сделав в течение жизни одно-два изобретения высших уровней, человек просто не успевал накопить и передать «высший эвристический опыт». Естественным отбором закреплялись только эвристические приемы низших уровней: увеличить—уменьшить, соединить—разъединить, использовать аналогию, копировать и некоторые другие (см. раздел 4 Изобретательское творчество). Позднее к ним добавились уже вполне сознательно: «Поставь себя на место рассматриваемого объекта» (эмпатия), «Помни о психологической инерции» и другие (см также раздел Искусство изобретения).

«Эвристики» такого уровня можно сколько угодно показывать молодым инженерам, однако научить применять их нельзя. Дело в том, что никакие призывы «помнить о психологической инерции» не срабатывают, если человек не знает, как именно бороться с психологической инерцией. Тщетными остаются рекомендации использовать аналогии, когда неизвестно заранее, какая из них подходящая, и особенно, если возможных аналогий слишком много. Так же и эмпатия запутывает дело или прямо вредна, если объект достаточно сложен.

Так что, в процессе эволюции наш мозг научился находить достаточно точные и приемлемые решения только для простых задач. При этом эвристические механизмы высших уровней, скорее всего, не могут быть открыты — их нет.

Но они могут и должны быть созданы!

Третий этап и середина 1970-х годов — это середина истории классической ТРИЗ во времени. Но это и начало кардинального усовершенствования ТРИЗ — открытие физического противоречия (ФП) и фундаментальных принципов разрешения ФП, формулирование законов развития технических систем, составление первого каталога физических принципов создания сильных изобретений («эффектов») и первых «стандартов» (комплексных приемов).

5.3. Структура классической ТРИЗ

При рассмотрении истории развития ТРИЗ можно выделить следующие этапы:

- 1) до 1985 года — развитие классической ТРИЗ, основные идеи которой имеют концептуальный характер (плюс, конечно, и инструментальный!) и публикуются Генрихом Альтшуллером и специалистами ТРИЗ-ассоциации;
- 2) после 1985 года — развитие пост-классической ТРИЗ, основные идеи которой имеют характер «развертывания» теории (т. е. детализации, частичной

формализации, уточнения и особенно накопления фонда примеров) и соединения с другими методами, особенно с методами функционально-стоимостного анализа, аналогичными Quality Function Deployment (QFD) и Fault Modes and Effects Analysis (FMEA).

Структурно классическую ТРИЗ можно представить схемой, показанной на рис. 5.3.

ТРИЗ — это пример реализации идеи концентрированного представления знаний.

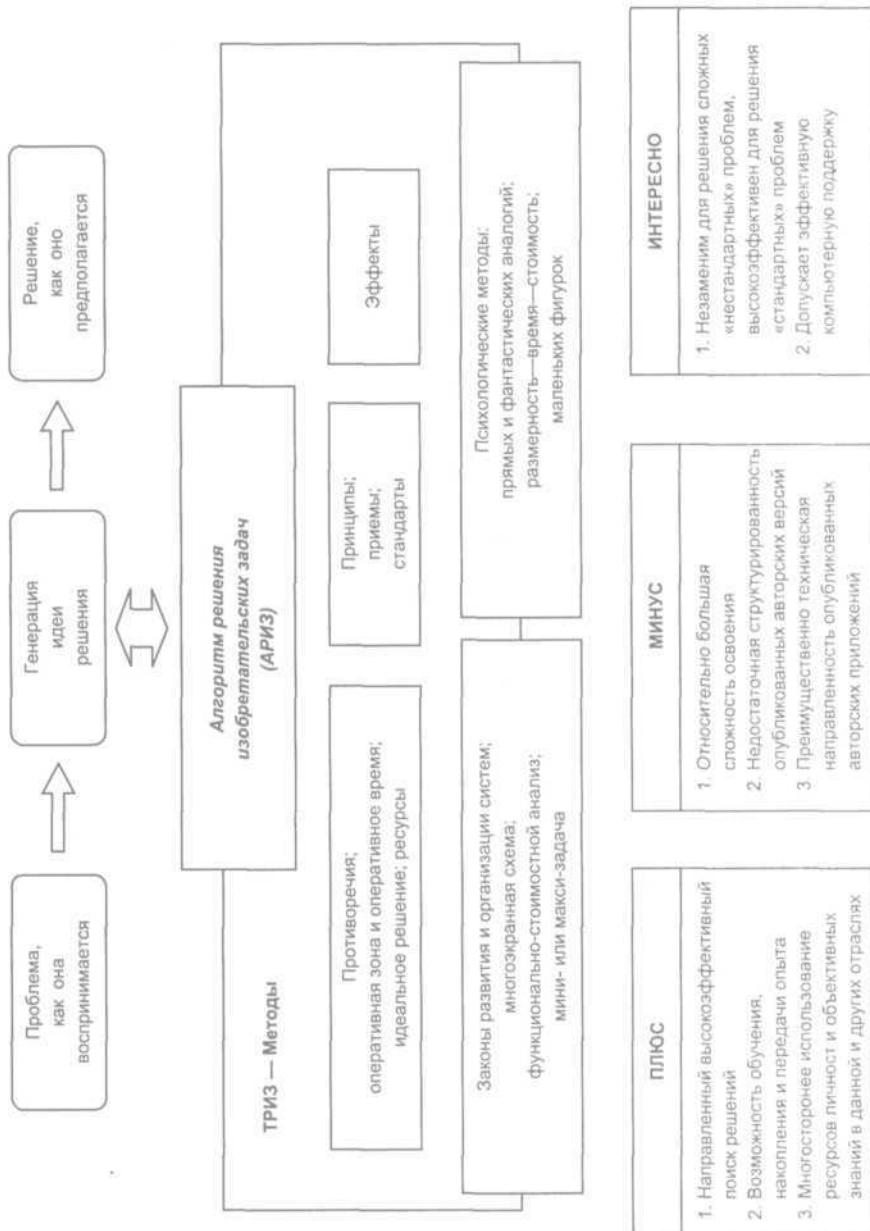


Рис. 5.3. Теория решения изобретательских задач Генриха Альтшулерса (ТРИЗ)

Главное открытие ТРИЗ состоит в том, что миллионы уже зарегистрированных изобретений сделаны на основе относительно небольшого числа правил трансформации исходной постановки задачи.

При этом в ТРИЗ четко указаны ключевые компоненты организации любой проблемы и синтеза решения: противоречие, ресурсы, идеальный результат, приемы изобретения, или лучше сказать, модели трансформации.

Более того, в ТРИЗ разработаны не только несколько систем приемов, но и метод решения проблем с помощью пошагового уточнения и трансформации исходной постановки проблемы. Этот метод называется Алгоритмом решения изобретательских задач (АРИЗ).

АРИЗ и вся ТРИЗ, по образному определению самого Г. Альтшуллера (Крылья для Икара. Как решать изобретательские задачи. Петрозаводск, 1980.), стоит «на трех китах»:

- 1) по четкой программе, шаг за шагом, ведется обработка задачи, выявляются и исследуются физико-технические противоречия, делающие задачу проблемой;
- 2) для преодоления противоречий используется сконцентрированная информация, вобравшая опыт нескольких поколений изобретателей (таблицы типовых моделей решения задач — приемы и стандарты, таблицы применения физических эффектов и т. д.);
- 3) на протяжении всего хода решения идет управление психологическими факторами: АРИЗ направляет мысль изобретателя, гасит психологическую инерцию, настраивает на восприятие необычных, смелых идей.

В виде ТРИЗ впервые в истории созидающего человечества появились теория, методы и модели для систематического исследования и разрешения сложных технико-технологических проблем, содержащих остroе физико-техническое противоречие и принципиально не решаемых традиционными методами конструирования.

Вместе с тем, необходимо отметить, что известные книги и статьи о ТРИЗ вплоть до настоящего времени (2000 год), во многом повторяя друг друга, традиционно показывали только достоинства ТРИЗ как системы решения технических задач. Это не способствовало правильному пониманию возможностей и границ ТРИЗ.

Прежде всего известные публикации умалчивают о наличии многих нерешенных вопросов «функционирования» творческого мышления, например, о принципиальной необходимости и достаточно большом объеме разнообразных актов интуитивного мышления.

Не говорится о том, что решение нельзя «вычислить», несмотря на то, что авторы делают особое ударение на терминах «алгоритм изобретения» и «оператор преобразования», как бы придавая им статус математических конструкций.

Поэтому, во-первых, разные люди, используя рекомендуемые методики, далеко не обязательно получат одинаковые результаты. А во-вторых, поиск решения на основе АРИЗ имеет хотя и существенно уменьшенную, но все же непредопределенную продолжительность, что опять-таки связано с присутствием принципиально не алгоритмизируемых актов мышления.

Наконец, если при решении какой-либо проблемы не хватает объективных знаний и необходимо проведение научных исследований, то здесь также проходит граница возможностей ТРИЗ. Однако следует добавить, что ТРИЗ полезна и как инструмент проведения исследования.

Этот учебник отражает более широкий и реалистичный подход автора к теории изобретения, не противопоставляющий, а объединяющий высокоэффективные модели ТРИЗ с хорошо зарекомендовавшими себя методами интуитивного поиска.

В заключение этого раздела приведем схему, отражающую основные этапы развития ТРИЗ (рис. 5.4).

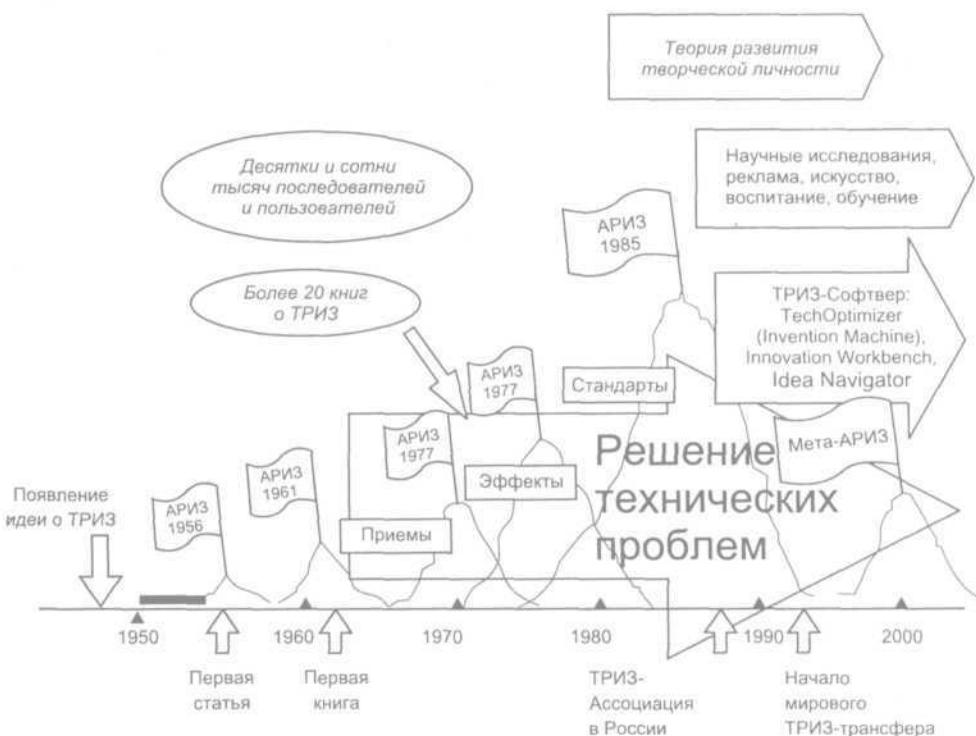


Рис. 5.4. Из истории ТРИЗ

Будучи студентом Минского политехникума и интересуясь изобретательством, я познакомился с ТРИЗ (которая еще не имела этого названия!) в 1963 году по первой книжечке Генриха Альтшулерса «Как научиться изобретать», изданной в Тамбове в 1961 году, которую бережно храню как одну из самых до-

рогих моих реликвий. В 1965 году, находясь на преддипломной практике в одной из «самых секретных» организаций в Минске, вместе со старшими товарищами я пробовал применять ТРИЗ для изобретения элементов первых автоматов для сборки первых отечественных интегральных схем. Это было счастливое время творчества и энтузиазма! Это было время, вдохновляемое недавним полетом Юрия Гагарина и следующими полетами первых людей в космос!

С тех пор у меня было достаточно времени убедиться в том, что ТРИЗ помогает резко сократить время на диагностику проблемы, создает кардинально лучшие возможности для понимания проблемы и возможностей ее решения, чем и подготавливает сознание к решающему шагу — нахождению идей решений.

И всё же нужно помнить, что ТРИЗ не заменяет творческого мышления, а только является его инструментом.

А хороший инструмент еще лучше работает в умелых и талантливых руках.

Практикум к разделам 3–5⁶¹

1. Портрет звука

В некоторых пещерах с рисунками определенных животных, сделанных еще 100 000 лет назад, можно и сегодня не только видеть эти рисунки, но и одновременно услышать звук бега этих животных или целого стада! Как прачеловек «записал» для потомков звуковой «портрет»? Кстати, похожим способом в других пещерах он мог «поговорить» с изображениями своих предков или мифических существ.

2. Александрийский маяк

Второе после Египетских пирамид чудо света — Александрийский маяк. По легенде, император повелел на выстроенном маяке увековечить его имя, а не имя строителя. Если главный строитель не сделает этого, его казнят. Строитель остался жив, но и потомки узнали его имя. Как строитель разрешил противоречивое требование?

3. Загадки пирамид

При строительстве Египетских пирамид:

- a) Как древние строители могли получать ровное строго горизонтальное основание пирамиды, особенно если учесть, что площадь некоторых оснований исчислялась гектарами?
- b) Как могли измерять высоту строящейся пирамиды?
- c) Как обеспечить строгую симметрию пирамиды?
- d) Как обеспечивать одинаковые углы наклона ребер пирамид в 42° и, соответственно, наклон катетов сторон пирамид в $51' 52''$?

4. Посол Исмений

Греческий посол Исмений прибыл ко двору персидского царя Артаксиса I. Не хотел гордый посол кланяться, но и не поклониться нельзя, так как тогда переговоры не состоятся. Что сделал Исмений, приближаясь к креслу царя?

5. Коронация императоров

В 800 году н. э. происходила коронация Карла Великого. По ритуалу возложить корону на Карла Великого должен был папа римский, что было необходимо для политического укрепления власти. Но император не хотел признавать себя ниже папы, так как по сути ритуала получалось, что папа мог возложить корону, но мог и отнять. И вот папа торжественно поднимает корону к

⁶¹ Некоторые задачи подобраны из популярных публикаций по ТРИЗ.

голове императора... Как разрешил Карл Великий противоречивую ситуацию? Через 1000 лет (!), когда в декабре 1804 года в соборе Нотр-Дам де Пари папа Пий VII приступил к коронации Наполеона Бонапарта, все произошло как при коронации Карла Великого.

6. Пизанская башня

На конкурс проектов по спасению Пизанской башни за последние 60 лет было представлено около 9000 предложений со всего земного шара! Через 200 лет после начала ее строительства в 1173 году было обнаружено, что башня начала наклоняться. К 1370 году для создания противовеса был надстроен 8-й этаж. Высота башни достигла почти 60 м, а вес — 14 453 тонн. За следующие 600 лет основание башни ушло в землю почти на 3 метра, а отклонение 7-го этажа от вертикали достигло 4,47 м (рис. 3.4). В 1990 году башня была закрыта для посетителей.

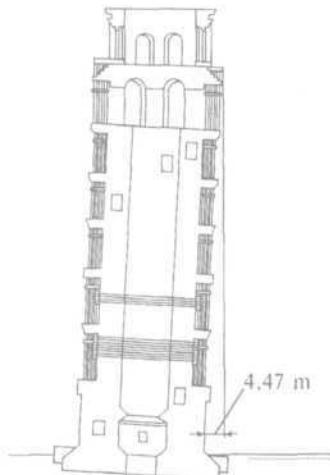


Рис. 5.5. Наклонение знаменитой Пизанской башни

В 1993 году было выполнено моделирование и прогнозирование дальнейшего наклонения Пизанской башни. Экспертиза показала, что башня не простоят далее, чем до 2050 года, продолжая наклоняться со скоростью около 1 мм в год. В 1999 году бургомистр Паоло Фонтанелли открыл последнюю выставку проектов «Viva la torre!» (Да здравствует башня!). В 2000 году отклонение башни было уменьшено до 4,07 м, то есть на 40 см. Этого достаточно, чтобы башня не достигла критического отклонения еще в течение 300 лет. Возможно, скоро новые посетители пройдут вверх по 293 ступеням ее винтовой лестницы.

Три вопроса:

- 1) Что Вы могли бы предложить для устранения опасности разрушения башни, не снижая ее исторической и эстетической ценности?
- 2) Как было устранино критическое наклонение башни?
- 3) Почему бы не выровнять башню полностью?

**А-Студия:
алгоритмическая
навигация мышления**

6. От практики к теории

6.1. А-Навигация мышления

Для эффективного решения изобретательских задач высших уровней нужна эвристическая программа, позволяющая заменить перебор вариантов целенаправленным продвижением в район решения.

Генрих Альтшулер

Итак, мы начинаем знакомство с основами классической ТРИЗ.

Классическая ТРИЗ стоит на мощном практическом фундаменте. Этим фундаментом являются патенты, миллионы патентов, аккумулировавших реальные решения и способы решения поставленных проблем, аккумулировавших опыт миллионов изобретателей. И это было фундаментальным открытием Генриха Альтшуллера — обратиться непосредственно к исследованию объективной информации, содержащейся в созданных изобретениях.

Вторым открытием было определение содержания и целей необходимых исследований, на которых должна была строиться работоспособная теория:

1. В каждой технической системе, усовершенствованной в патенте, нужно выявить ключевую решенную проблему, выявить причины и структуру этой проблемы, определить инвариантные элементы (устойчивые признаки) реальных проблем.
2. Из каждого патента, особенно из патентов, обладающих большой ценностью, нужно извлечь ключевое преобразование, которое и определяет переход в этом патенте от постановки задачи к идею решения. Нужно классифицировать и систематизировать эти преобразования, оценить, как часто они встречаются и насколько они эффективны.
3. Нужно выявить также, каким образом можно в новых ситуациях находить подходящее преобразование для того, чтобы использовать его как образец, модель для поиска решения конкретно для каждой новой задачи.

Исследование к настоящему времени более 2,5 миллионов патентов убедительно показало правильность стратегии, избранной основателем ТРИЗ.

В результате в фундамент классической ТРИЗ были положены следующие три практических открытия:

1. Все реальные проблемы могут быть редуцированы всего лишь к трем различным видам и представлены только тремя соответствующими структурными моделями:

Административная проблема — проблемная ситуация задана в виде указания недостатков, которые нужно устранить, или целей, которые нужно достичь, при этом причины возникновения недостатков, а также способы их устранения и достижения указанных целей не указаны:

Техническая проблема — проблемная ситуация задана в виде указания несовместимых функций или функциональных свойств системы, из которых одна функция (или свойство) способствует достижению главной полезной функции всей системы (назначению системы), а вторая — противодействует;

Физическая проблема — проблемная ситуация задана в виде указания одного физического свойства элемента или всей системы в целом, из которых одно значение этого свойства необходимо для достижения одной определенной функции системы, а другое значение — для другой, но при этом оба значения являются несовместимыми и обладают взаимоисключающими противоположно направленными тенденциями к их улучшению.

Для каждой проблемы автором ТРИЗ была найдена точная структурно-функциональная модель в виде рассматриваемых в последующих разделах административного, технического и физического противоречий.

Из этих моделей технические и физические противоречия обладают наибольшей конструктивностью, так как непосредственно поддержаны ТРИЗ-инструментами для их разрешения. Административные модели либо решаются методами, не имеющими прямого отношения к ТРИЗ, например, экономическими или проведением дополнительных научных исследований, либо требуют перевода к двум другим, конструктивным моделям.

2. Все известные решения получены на основе применения трансформаций, относящихся всего лишь к четырем классам:

- прямые модели для разрешения физических противоречий (я называю их фундаментальными трансформациями, в ТРИЗ — «принципы»);
- прямые модели для разрешения технических противоречий (специализированные трансформации, или «приемы»);
- рекомендации для изменения физико-технических моделей в виде взаимодействий «поле-вещество» (комплексные трансформации, или «стандарты»);
- рекомендации по реализации нужной функции на основе примеров стандартного или оригинального применения как известных, так и новейших физико-технических явлений (базовые трансформации, или эффекты).

Каждая модель дает пример решения изобретательской проблемы в общем виде в определенном классе моделей и для определенной ситуации.

- На основе реинвентинга сотен тысяч изобретений в ТРИЗ была установлена последовательность шагов для рационального исследования исходной проблемной ситуации, для построения модели проблемы и выбора подходящей модели трансформации, для проверки правильности предлагаемых решений.

Эти многошаговые схемы прошли длинный путь совершенствования и практическую применение, и в 1985 году были интегрированы Генрихом Альтшуллером в схему под названием «Алгоритм решения изобретательских задач — 1985», или, сокращенно, АРИЗ-1985.

АРИЗ-1985 является как бы сжатым конспектом всей ТРИЗ. Он сложен в изучении из-за избыточности попутных пояснений, примечаний, отступлений. Именно это побудило автора настоящего учебника разработать в 1987 году более компактную схему, получившую название «Мета-Алгоритм изобретения» из-за ее большой общности.

Само понятие «алгоритм изобретения» до сих пор иногда вызывает критические замечания. Критика аргументируется тем, что в наиболее известном определении алгоритма, ориентированном на программирование компьютеров первых поколений, нет места неопределенности. Но это слишком узкое определение даже для современной компьютерной математики, оперирующей понятиями размытых, вероятностных, итерационных, рекуррентных или еще более сложных алгоритмов. А с точки зрения современной конструктивной математики, а также математической лингвистики, оперирующих моделями категорий и функторов, афинными и более сложными отображениями, такое применение термина «алгоритм» является уже совершенно корректным.

Опираясь на приведенную аргументацию, мы можем сделать следующий логический шаг: определить основную цель классической ТРИЗ как обеспечение «алгоритмической навигации мышления».

За этим понятием целесообразно закрепить название «А-Навигация», отражая в символе «А» алгоритмический характер поддержки процесса решения сложных проблем и отдавая одновременно должное автору классической ТРИЗ — Генриху Альтшуллеру. А-Навигация и производные от этого понятия другие названия сохранят память об основателе ТРИЗ.

Что касается понятия «мышление», включенного в определение, то чтобы не вызывать недоразумений и споров, его можно понимать суженно, как изобретательское мышление, или мышление при решении изобретательских проблем. А изобретательскую проблему здесь же можно упрощенно определить как задачу, содержащую несовместимые требования, «неразрешимое» противоречие.

А вот понятие «навигация» представляется нам точным и чрезвычайно важным. Человек мыслит образами, метафорами, и использует определенную модель трансформации как пример, шаблон, аналог для создания решения по ассоциации, по аналогии. При этом человек наполняет модель конкретным содержанием из новой задачи, и модель направляет его мышление к цели. Обобщенные модели трансформации и иллюстрирующие их примеры играют

роль навигаторов мышления или навигаторов изобретения, или в нашем обозначении, А-Навигаторов.

Действительно, «навигация» означает как измерение местоположения движущегося объекта и, возможно, движущейся цели, так и прокладку пути к цели. Именно для этого и предназначены АРИЗ (А-Алгоритм) и А-Навигаторы! А-Алгоритм играет роль самой настоящей навигационной системы, предусматривающей анализ задачи и применение А-Навигаторов (навигационных инструментов — «карт», «инструкций», «линеек», «шаблонов», «компасов», «циркулей» и т. п.) для построения пути к цели — созданию эффективного решения! Успешность же применения А-Алгоритма и А-Навигаторов зависит еще и от «капитана», «штурмана» или «лоцмана», управляющих движением, то есть от конкретных людей, решающих творческую проблему.

Весь теоретический и практический инструментарий классической ТРИЗ можно расположить на трех иерархических уровнях (рис. 6.1). Отметим, что, строго говоря, этим уровням соответствуют и три вида проблем: административная, техническая и физическая. Однако, далее мы будем условно рассматривать все А-Навигаторы как инструменты оперативного уровня. Это оправдано тем, что часто эти инструменты используются даже тогда, когда не все еще решено на тактическом и стратегическом уровне. Причем эти попытки пробного оперирования с задачами позволяют лучше понять их свойства для тактического и стратегического управления.

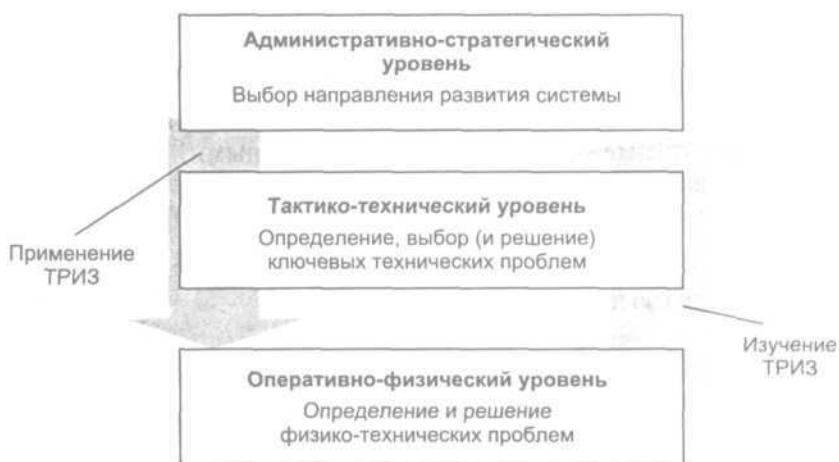


Рис. 6.1. Процессы применения и изучения ТРИЗ

Рекомендуемый по рис. 6.1 порядок изучения инструментария классической ТРИЗ обусловлен следующими преимуществами:

1. Методы оперативного уровня в наибольшей степени опираются на практику, и поэтому их первоочередное освоение позволяет быстрее начать применение инструментов ТРИЗ для решения практических задач (сначала несложных, конечно).

2. Знание оперативного уровня служит основой для понимания идей и методов высших уровней, так как изучение идет в направлении от более простого и практического к более сложному и абстрактному.
3. При последующем изучении тактического и стратегического уровней на практических примерах еще больше закрепляется навык применения оперативного инструментария.
4. Наконец, оперативный уровень наиболее полно и убедительно разработан, что ускоряет формирование уверенности в конструктивности и эффективности ТРИЗ в целом.

А-Навигаторы позволяют успешно решать не менее 80 % всех встречающихся на практике задач. Собственно, и сами эти модели были получены экстракцией из так называемых «стандартных» задач, которые как раз и составляют примерно 80 % мирового патентного фонда. Следует отметить, что «стандартный» характер задачи совсем не означает, что эта задача имеет очевидное и легко получаемое решение. Дело здесь только в том, что при исследовании (реинвентинге) установлено, что для решения таких задач достаточно было бы применения одного-двух «классических» приемов ТРИЗ.

Конечно, эти задачи были решены без знания ТРИЗ, и скорее всего, на поиск решений было затрачено немало усилий и времени. Это только при учебном или исследовательском реинвентинге «легко» видеть, каким именно методом могла бы решаться та или иная «стандартная» задача. «Реконструкция» процесса решения при рассмотрении «стандартных» задач облегчается прежде всего потому, что из патентного описания известно конкретное решение и достаточно ясны признаки фактически реализованных трансформаций!

В новой конкретной ситуации не просто распознать, можно ли решить возникшую задачу относительно простыми «стандартными» приемами. В то же время это не так важно, поскольку в любой ситуации вполне логично сначала пробовать применить более простые «стандартные» трансформации!

Мы еще вернемся к определению сложности задач в разделах, связанных с тактическими и стратегическими моделями ТРИЗ.

6.2. А-Навигаторы изобретения

В этом разделе Вы сможете повторить за 30 минут весь путь, пройденный ТРИЗ за 45 лет. Мы вместе построим несколько А-Навигаторов! Мы выполним реинвентинг 9 примеров технических решений и увидим, каким образом были определены А-Навигаторы. Важно отметить, что сами избранные нами примеры могут быть заменены и другими, однако при достаточно большом их количестве результат реинвестинга был бы тем же, который и получен в ТРИЗ.

Внимание: пока Вы не познакомитесь со всеми нижеследующими примерами, не следует смотреть раздел Классические навигаторы изобретения А-Студии.

И еще немного задержитесь здесь, чтобы самостоятельно подумать на следующими вопросами:

Что может быть общего в изобретениях, сделанных для самолета с вертикальным взлетом-посадкой, для сохранения дома у реки в случае наводнения и для ухода за виноградной лозой? Или в таких изобретениях, как автомобильный подъемный кран, конфета-игрушка «Kinder-Сюрприз» и трубопровод для удаления строительного мусора с верхних этажей ремонтируемого здания? Как связаны между собой способ защиты ценных декоративных пальм от жары, способ транспортировки природного газа в баллонах и способ производства шоколадных бутылочек с ликерным наполнением?

Может ли в каждой из этих групп изобретений присутствовать некая общая идея, принципиально одинаковая модель, которую можно выявить, обобщить и применять впоследствии как один из творческих приемов?

Реинвентинг по ТРИЗ положительно отвечает на эти вопросы.

6.2.1. Реинвентинг для построения специализированного А-Навигатора № 7 (Приложение 4)

Пример 4 (Задача). Самолет с вертикальным взлетом—посадкой. Эти самолеты выгодны тем, что для них не требуется взлетно-посадочная полоса. Однако в первых образцах взлет и посадка осуществлялись при вертикальном положении корпуса самолета (рис. 6.2). Пилот при этом лежал в кресле на спине и мог смотреть только вверх. При взлете это было еще допустимо, но посадка «на хвост» была слишком опасной из-за трудности визуального контроля и управления.



Рис. 6.2. Управление в первых образцах самолетов с вертикальным взлетом-посадкой

Таким образом, в этой ситуации имеются функции или свойства, которые конфликтуют между собой при попытке реализовать главную полезную функ-

цию системы. А именно: вертикальное расположение корпуса самолета соответствует направлению старта/посадки, но неудобно для управления.

Можно записать модель ситуации в виде следующего противоречия:

функция: вертикальный взлет/посадка;

требует (Плюс-фактор):

вертикальное расположение корпуса самолета;

при этом ухудшается (Минус-фактор):

визуальный контроль и управление.

Пример 5 (Задача). Дом у реки. Как сохранить дом, расположенный на берегу реки, в случае наводнения? На рис. 6.3,б показана ситуация, когда вода может нанести дому значительный ущерб. В этом примере присутствуют остроконфликтующие между собой требования: дом должен быть близко к воде (по желанию владельца) при нормальных условиях, и дом должен быть далеко от воды (!?) при наводнениях. Второе условие выглядит как бы фантастическим, сказочным, но никак уж не инженерным, однако оно вполне правильно выражает физическое содержание условия для безопасности дома при наводнении.

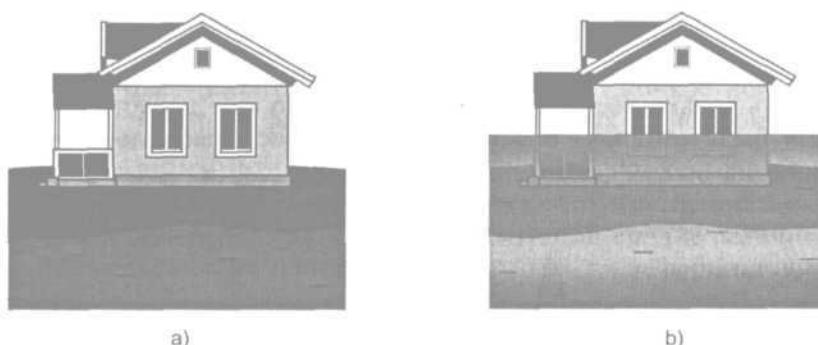


Рис. 6.3. Дом у реки при нормальных условиях (а) и при наводнении (б)

Можно записать модель этой ситуации в виде следующего противоречия:

Объект: дом

должен быть: рядом с рекой (при нормальных условиях);

не должен быть: рядом с рекой (при наводнении).

Кажется, что эти требования взаимно исключают друг друга.

Пример 6 (Задача). Виноградная лоза. Зимой для уменьшения поражения виноградной лозы морозом, лозу снимают с поддерживающей проволоки и пригибают к земле, удерживая у земли колышками (рис. 6.4). Можно поставить такой вопрос: как уменьшить трудоемкость этой работы?

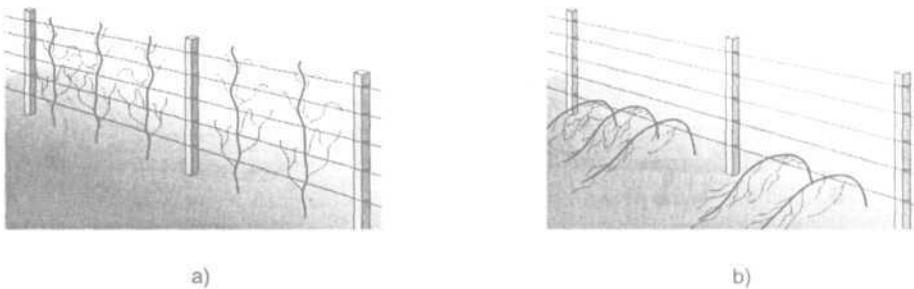


Рис. 6.4. Виноградная лоза летом (а) и зимой (б)

В этом вопросе не содержится противоречия в явном виде. Это как раз и означает, что имеется явное административное противоречие: есть намерение улучшить систему, но не указано, что мешает достичь поставленную цель. Сформулируем модель задачи в виде следующего варианта противоречия:

функция: укладка лозы на землю;

имеет Плюс-фактор: уменьшаются потери лозы (из-за поражения коры при морозе);

имеет Минус-фактор: растут потери времени и затраты труда на эту операцию.

Можно для той же задачи сформулировать инверсную модель:

функция: оставление лозы на шпалерах;

имеет Плюс-фактор: нет потерь времени и затрат труда на эту операцию;

имеет Минус-фактор: растут потери лозы (поражение коры при морозе).

Можно видеть, что модели в виде противоречия позволяют более точно определить, в каком направлении нужно искать решение, и что может ограничивать поиск решения.

А теперь рассмотрим известные запатентованные идеи решений.

Пример 4 (Решение). Самолет с вертикальным взлетом—посадкой. В патентном фонде имеется немало идей для решения поставленной проблемы. Все они достигали главной цели: сохранить нормальное положение пилота при старте и посадке и обеспечить тем самым требуемый уровень безопасности. И было нечто общее во всех этих идеях: введение в систему подвижной части — поворачивающихся крыльев, поворачивающихся двигателей и т. п.

Например, при старте/посадке двигатели могли быть в вертикальном положении, как указано на рис. 6.5,а. При полете двигатели поворачивались в горизонтальное положение (рис. 6.5,б). При этом корпус самолета остается как бы неподвижным, ориентированным горизонтально при старте и посадке, а пилот имеет нормальные условия для наблюдения и управления.

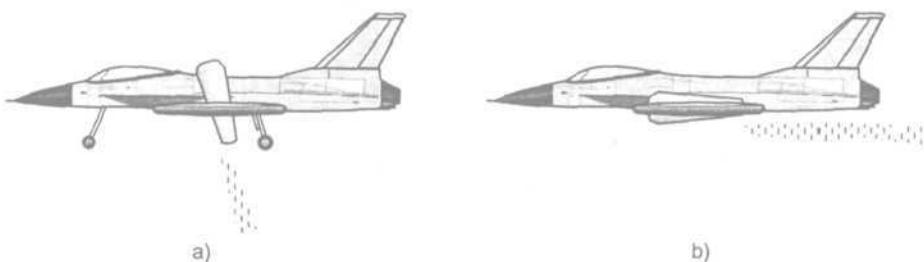


Рис. 6.5. Самолет с вертикальным стартом/посадкой при старте (а) и при горизонтальном полете (б)

Пример 5 (Решение). Дом у реки. Ключевая идея запатентованного в 1994 году фирмой Winston International, штат Колорадо, США решения (рис. 6.6): дом сделан подвижным, перемещающимся! Это решение строго реализует обе части сформулированного противоречия!



Рис. 6.6. Дом на понтоне и раздвижных сваях

Во время наводнения дом всплывает, так как его подземная часть выполнена в виде герметичного понтона, заполненного к тому же плавучим веществом, например, пенопластом. При этом, обратите внимание (!), вода сама удаляет от себя дом, поднимая его над опасным уровнем. Дом удерживается также раздвижными телескопическими сваями. Для долговременного функционирования дом может иметь запасы продуктов и воды и источник энергии в виде дизельного двигателя-генератора электроэнергии.

Пример 6 (Решение). Виноградная лоза. Я полагаю, что уважаемые читатели уже догадались применить найденный общий подход из предыдущих двух решений! Перед зимой виноградную лозу вовсе не снимают с поддерживающей проволоки, а пригибают к земле всю шпалеру, которая снабжена шарнирами у основания стоек (рис. 6.7). То есть и здесь ключом к решению проблемы послужило придание всей конструкции динамизма, подвижности.

Таким образом, из совершенно разных проблем и их решений извлечена одна и та же ключевая идея, один и тот же способ решения, который можно определить как особый изобретательский прием. В ТРИЗ этот прием называется «Динамизация» и имеет № 07 в А-Каталоге специализированных приемов.

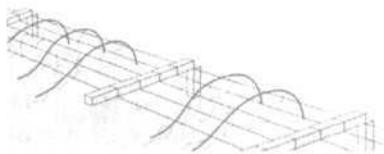


Рис. 6.7. Виноградная шпалера с шарнирными стойками

На основании реинвентинга многих тысяч изобретений сформулировано обобщенное краткое описание этого приема в виде набора следующих рекомендаций:

- характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом шаге работы;
- объект разделить на части, способные перемещаться относительно друг друга;
- если объект неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

6.2.2. Реинвентинг для построения специализированного А-Навигатора № 34 (Приложение 4)

Пример 7. Подъемный кран на автомобильной платформе. Мы все видели эти подъемные кranы. Но все ли мы, или хотя бы все ли инженеры задумывались о том, какой именно изобретательский прием применен в качестве основного принципа его конструкции?

Основное противоречие, которое нужно было решить при создании такого крана, может быть сформулировано следующим образом: стрела крана должна быть длинной в рабочем состоянии и должна быть не намного длиннее всего несущего автомобиля для транспортировки. Принципиальное решение состоит в том, что конструкция стрелы сделана подвижной (применена Динамизация), а главное — состоящей из множества фрагментов, вложенных один в другой (рис. 6.8).



Рис. 6.8. Автомобильный подъемный кран при транспортировке (а) и в работе (б)



a)



b)

Рис. 6.9. Компоненты строительного мусоропровода в работе (а) и при транспортировке (б)

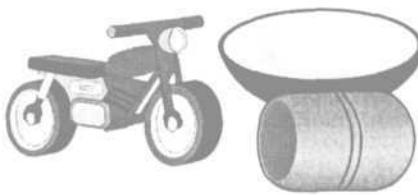
Пример 8. Строительный мусоропровод. В изобретении используются пустотелые конусы, которые полностью вкладываются друг в друга при транспортировке и затем выдвигаются почти на всю свою высоту, оставаясь частично вложенными, для создания «трубы» нужной длины! По этой трубе строительный мусор попадает с верхних этажей прямо в контейнер для вывоза мусора (рис. 6.9).

Пример 9. Шоколадная конфета «Kinder-Сюрприз». Признаюсь, что я не отказываю себе в удовольствии приносить иногда домой эти конфеты удивления и радости. Действительно, никогда не знаешь, что там обнаружится внутри! Это может быть модель автомобиля или самолетика, медвежонок или домик и так далее, — фантазия у создателей этого продукта просто бесконечна! Но главный сюрприз, как правило, состоит в том, что в собранном виде любая из этих игрушек не могла бы разместиться внутри конфеты! И поэтому спрятанные там игрушки состоят из нескольких частей, складываемых так, чтобы пустота внутри одной части заполнялась другой частью. Это и есть главный принцип этой конфеты, примененный в ней многократно: посмотрите также с этой точки зрения на саму съедобную часть и даже на обертку (рис. 6.10).

Суммируя результаты реинвентинга, можно прийти к заключению, что Вы имеете дело с принципом многократного вложения одного объекта в другой, в соответствии с которым рационально используется пустота. Благодаря этому экономится пространство и совмещаются совершенно «несовместимые» функциональные свойства.



a)



b)

Рис. 6.10. Конфета «Kinder-Сюрприз» (а) и игрушка из нее (б)

В классической ТРИЗ этот прием получил образное название «Матрешка» по названию русской народной игрушки (рис. 6.11), в которой несколько дере-



Рис. 6.11. Игрушка «Матрёшка» в собранном (а) и разобранном (б) видах

вянных пустотелых и разъемных кукол вложены последовательно одна в другую (см. прием № 34 в А-Каталоге).

На основе реинвентинга тысяч подобных изобретений было составлено следующее лаконичное описание этого приема:

- a) один объект размещен внутри другого объекта, который в свою очередь находится внутри третьего и т. д.;
 - b) один объект проходит сквозь полость в другом объекте.

6.2.3. Выявление физико-технического эффекта, определение всех (!) четырех фундаментальных навигаторов, комплексного навигатора № S2-4 (Стандарт 5.3.1 — Приложение 2) и специализированных навигаторов № 10 и № 11 (Приложение 4)

Пример 10. Как спасают пальмы на центральном бульваре от жары. Мой младший сын рассказал мне об одном «ТРИЗ-решении», которое он заметил в Валенсии, в Испании, когда проходил там практику по испанскому языку. Для спасения пальм на центральном бульваре от жары на землю вокруг основания пальм кладут крупные куски льда. Лед медленно тает и непрерывно снабжает ценные деревья водой, бывает, что в течение нескольких дней, если его присыпают сверху корой и листвой. Поскольку мы обмениваемся в семье такими замеченными нами примерами, то позднее старший сын рассказал нам, что увидел этот же способ, будучи на конференции в Сан-Диего в Калифорнии.

Оба моих сына избрали себе профессии, весьма далекие от физики или химии, но их школьных знаний вполне хватило, чтобы точно назвать явление, которое было здесь использовано. Это — фазовый переход, в данном случае, переход воды из твердого состояния (лед) в жидкое. Именно это физическое явление было использовано в технологическом способе «непрерывного полива» деревьев, то есть получило пример технического применения. Совместное представление физического явления с указанием его возможного технического применения и дает описание определенного базового А-Навигатора, или физико-технического эффекта (по терминологии классической ТРИЗ).

Кстати, а какую структуру имеет проблема, разрешенная этим изобретательным способом?

Сформулируем противоречие в следующем виде:

- 1) вода должна быть под пальмой, чтобы дерево могло перенести жару;
- 2) вода не должна быть под пальмой, так как она быстро уходит в землю или испаряется от жары.

Такое острое противоречие, обусловленное физическими процессами, протекающими в физических объектах, как правило, наиболее эффективно решается с помощью фундаментального А-Навигатора № 4: разделение противоречивых свойств в веществе. В данном случае такое разделение произошло на основе использования возможности перехода вещества в другое фазовое состояние. Действительно, вода может долго находиться под пальмой, но в состоянии льда. Точнее, на некотором интервале времени (пока лед полностью не растает) в одной области пространства (на земле вокруг пальмы) вола находится в двух состояниях: одна часть — в виде льда, а другая — в виде жидкости.

Эта рекомендация в конкретном и практическом виде содержится также в комплексном А-Навигаторе № S2-4 (Стандарт 5.3.1):

Использовать дробление вещества (поля), применить капиллярно-пористые структуры, ввести динамизацию полей и компонентов, использовать фазовые переходы вещества, применить согласование/рассогласование ритмики и частот.

А-Навигаторы были получены на основании реинвентинга десятков тысяч изобретений, которые показали, что именно такими трансформациями были получены выдающиеся технические идеи.

В то же время в учебнике не обязательно и даже не желательно объяснять модели трансформаций на сложных технических примерах, понятных сравнительно узкому кругу специалистов. Напротив, следует подбирать примеры, понятные как можно более широкому кругу читателей. Этому принципу мы будем следовать и далее.

Для закрепления только что проведенного реинвентинга рассмотрим еще две учебные задачи из классической ТРИЗ.

Пример 11. Как обеспечить подачу газа в шахту. Для ряда операций в шахтах иногда целесообразно использовать горение некоторого рабочего вещества, например, природного газа. Возникает следующая проблема: газ должен быть непрерывно в зоне проведения технологических операций, и избыток газа не должно быть для обеспечения пожарной безопасности. Кроме того, система шлангов и труб длиной в несколько километров является сложной и дорогой.

Для обеспечения безопасности всей системы не строят систему шлангов или труб, а поставляют газ отдельными порциями в баллонах. При этом газ не сжимают, а переводят в жидкое состояние, в котором он занимает малый объем. Сменные баллоны хранятся в шахте на достаточно большом расстоянии от места горения газа.

В этом «простом» технологическом изобретении реализовано сразу несколько А-Навигаторов!

Во-первых, применены уже знакомые нам фундаментальный А-Навигатор № 4 и комплексный навигатор № S2-4.

Во-вторых, применен фундаментальный А-Навигатор № 2: разделение противоречивых свойств во времени. Действительно, рабочее вещество находится во время горения в газообразном состоянии, а для хранения и транспортировки — в жидком. Причем для конкретного баллона эти интервалы времени частично пересекаются, то есть имеют общую часть, длиющуюся от начала использования конкретного баллона до тех пор, пока в нем не закончится газ (обратите внимание на аналогию с тающим льдом под пальмами).

В-третьих, применен фундаментальный А-Навигатор № 3: разделение противоречивых свойств в структуре. Осуществлен переход от непрерывной системы транспортировки газа к дискретной, порционной, однако, вся система в целом по-прежнему обеспечивает непрерывную подачу газа в рабочую зону. То есть, части системы имеют одно функциональное состояние, а вся система в целом — противоположное!

Пример 12. Как делают шоколадные бутылочки с ликером. Такие бутылочки можно получать, например, таким способом: отливать из горячего жидкого шоколада пустотельные бутылочки, после остывания наполнять их ликером и закрывать бутылочку, снова разогревая верх горлышка до жидкого состояния и сжимая горлышко до образования сплошной головки вверху бутылочки. При этом каждая бутылочка создается из двух сплавляемых половинок, для чего вдоль линии соединения этих половинок шоколад снова нужно разогревать до жидкого состояния. Этот способ был сложен, дорог и низкоС производителен. Это объясняется тем, что сложны и дорогостоящи формы для заливки шоколада. Низкая производительность объясняется медленным процессом наполнения и освобождения форм, медленным процессом соединения половинок бутылочки, медленным процессом заливки ликера, необходимостью закрытия горлышка бутылочки.

Здесь активно используется фундаментальный А-Навигатор № 4 и физико-технический эффект фазового перехода веществ. Однако, вся технология недостаточно эффективна. Административная проблема: как можно улучшить процесс в целом?

«Идеальный» технологический процесс должен исключить дорогие формы для заливки шоколада, должен исключить получение бутылочки из двух половинок, должен исключить операцию закрытия горлышка бутылочки! То есть, мы требуем совершенно невозможного! Но, может быть, «невозможного» только в рамках старой технологии? А почему бы не изобрести новую технологию, именно ту, которая нам нужна, более «идеальную»?! Что нам мешает?

Прежде всего, нам мешает устойчивое стереотипное представление о «неизменяемой» последовательности операций в известном технологическом процессе. Нам мешает стереотипное представление о «неизменяемых» состояниях веществ в технологических операциях.

Тогда давайте представим себе мысленно «идеальный» технологический процесс, не задумываясь вначале о том, как он может быть реализован. То есть представим его только как идеальную функциональную модель.

Пусть расплавленный шоколад заливается в некую «невидимую» форму так, что сразу приобретает форму бутылочки, как будто внутрь металлической формы вложена тоже «невидимая» форма в виде бутылочки. Посмотрите этот процесс мысленно еще и еще раз! Обратите внимание, как обтекает шоколад прозрачные формы. Кстати, не кажется ли вам, что верхняя форма вовсе не нужна, так как шоколад вполне точно обтекает линии внутренней формы?! Давайте откажемся от верхней формы! Уже неплохо! Но что делать с внутренней формой? Как ее извлечь из застывшей на ней шоколадной бутылочки?

Снова наблюдаем, как расплавленный шоколад обтекает нечто невидимое, прозрачное, как стекло или лед. Кстати, «идеальный» технологический процесс тот, в котором результат есть, а самого процесса как бы и нет! То же можно сказать и о некоторой «идеальной» системе: функция есть, а системы нет, и она не потребляет энергии и не занимает пространство.

Применим эту «идеальную» функциональную модель к нашей задаче. Пусть внутреннюю форму вообще не нужно извлекать! Это может означать, например, что она станет полезной частью готового изделия!?! Вы еще не догадались? Тогда попробуйте не читать дальше и снова мысленно наблюдайте, как шоколад обтекает некую «внутреннюю форму». Подумайте, как из чего-то «полезного» можно сделать «неизвлекаемую» форму?

Думаю, что Вы уже нашли решение: в качестве «внутренней» формы можно использовать предварительно замороженный ликер. Я не привожу поясняющего рисунка, чтобы не лишать Вас удовольствия нарисовать этот процесс самостоятельно. Попробуйте! Это полезно и интересно.

А наша цель состоит в том, чтобы раскрыть теперь теоретическую, абстрактную сторону этого решения.

Во-первых, мы применили фундаментальный А-Навигатор № 4 не только к шоколаду, что имело место в традиционной технологии, но и к ликерному наполнителю.

Во-вторых, мы дважды применили комплексный А-Навигатор S2-4 в части, касающейся физико-технического эффекта фазового перехода: замораживание ликера с его последующим таянием внутри готовой бутылочки и расплавление шоколада с последующим его остыванием на ледяной вначале ликерной форме!

В-третьих, здесь работает фундаментальный А-Навигатор № 1: разделение противоречивых свойств в пространстве. Вместо поиска действительно невозможного способа извлечения внутренней формы из готовой шоколадной бутылочки (если бы форма действительно была металлической) нужно исследовать ресурсы самого внутреннего пространства! При этом все противоречия снимаются путем использования пустого пространства внутри бутылочки для заполнения полезным веществом!

Наконец, мы использовали еще два специализированных А-Навигатора!

Ледяная ликерная форма есть не что иное, как несколько уменьшенная копия всей шоколадной бутылочки (готового продукта). А это есть реализация части специализированного А-Навигатора № 10 «Копирование»:

вместо недоступного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии.

В новой технологии не ликер «заливается» в бутылочку, а бутылочка «наливается» на замороженный ликер! А это есть реализация специализированного А-Навигатора № 11 «Наоборот»:

- a) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать);
- b) сделать движущуюся часть объекта (или внешней среды) неподвижной, а неподвижную — подвижной;
- c) перевернуть объект «вверх ногами», вывернуть его наизнанку.

Мы рассмотрели еще не все модели трансформаций, которые скрыты даже в этих несложных примерах. Но наша цель была в том, чтобы увидеть их реальное существование в окружающих нас реальных объектах.

Уже теперь Вы можете подойти к анализу интересующих Вас задач более внимательно, с более глубоким пониманием скрытых системных связей.

Ваши аналитические и творческие возможности неизмеримо увеличатся, когда Вы тщательно изучите «навигаторы мышления» и А-Алгоритмы, предлагаемые в этом учебнике. И все же иногда Вы установите, что задача не решается на основе доступных Вам методов и знаний. Вы можете прийти к выводу, что нужно заменить всю систему в целом, может быть даже заменить сам принцип, на котором система основана, и провести дополнительные научные исследования. Но и в таких случаях Ваше решение не будет отступлением или поражением, а будет обоснованным стратегическим решением.

7. Дисциплина творчества

7.1. Вдохновение и дисциплина

В 1996 году я представлял пионерский софтвер «Invention Machine» и его новейшую версию «TechOptimizer» фирмы Invention Machine Corp., USA на крупнейшей всемирной индустриальной выставке Industriemesse в Ганновере, Германия. Оставляя иногда свой стенд на ассистента, я посещал другие стенды и предлагал специалистам R&D⁶² наши методы и софтвер. Софтвер и методы имели большой успех. Напротив был павильон крупной компании из-под Штутгарта, производящей электромоторы в огромном диапазоне размеров — от миниатюрных для приборостроения до многометровых для океанских судов. На длинной магнитной доске робот-манипулятор непрерывно переставлял магнитные кружочки, сохраняя в целом следующий рекламный слоган:

КАЧЕСТВО МЫШЛЕНИЯ = КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Я записал этот ударный слоган для применения на семинарах и вскоре встретился с профессором, руководителем R&D-отделения этой компании. Его первая реакция на мое предложение познакомиться с ТРИЗ и софтвером была очень лаконичной, отразившей позицию многих руководителей компаний и даже отделений R&D. Он ответил холодно и вызывающе: у нас нет проблемы изобрести, а вот может ли ваша «Invention Machine» помочь нам продавать?!

Завершение нашей дискуссии я привожу далее в разделах Стратегия изобретения и Тактика изобретения.

А вот для обдумывания записанного слогана появилось гораздо больше оснований. Хотя в целом желание достичь более высокой конкурентоспособности без инноваций можно было сразу же определить как «бунт на коленях» по образному выражению самого Генриха Альшулура в подобных ситуациях.

После этого в течение 3 лет состоялось еще около 130 встреч с представителями промышленности и исследовательских организаций. В итоге представление о качестве мышления приняло следующий вид (рис. 7.1).

Функциональная полнота означает способность и готовность создавать идеи с учетом комплексных требований к качеству системы (продукта). Решение, ориентированное только на один показатель, часто оказывается непригодным

⁶² R&D — research and development (англ.): исследование и развитие.



Рис. 7.1. Составляющие «качества мышления»

из-за острого конфликта с другими показателями качества системы или из-за конфликта с другими системами, например, с Природой.

Конструктивность означает способность и готовность целенаправленно и обоснованно совершенствовать систему, не отступая от цели, но и не поддаваясь амбициозным или, наоборот, пораженческим настроениям. Конструктивность означает также способность и готовность к прорыву, к лидерству.

Скорость означает способность отвечать на вызов без запаздывания. Скорость означает способность уходить в отрыв и предложить вызов.

Устойчивость — мышление должно успешно выдерживать воздействие мешающих факторов.

Что снижает качество мышления? Ответ на этот вопрос также сформировался на основе еще более продолжительного времени и опыта (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Негативные факторы, снижающие качество мышления

Полная компенсация всех указанных на рис. 7.2 негативных факторов была возможна при реализации следующих позитивных факторов (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Позитивные факторы, повышающие качество мышления

Однако пока не приходится рассчитывать на немедленное изменение системы высшего образования, равно как и на повсеместное преподавание ТРИЗ. В то же время есть возможность самостоятельного изучения ТРИЗ и прохождения тренингов по этой технологии. Все больше и больше фирм предлагают услуги в этом направлении.

Далее, в чем конкретно лежат затруднения, с которыми каждый специалист сталкивается в своей работе почти непрерывно? Чем различаются такие, казалось бы, одинаковые понятия, как «задача» и «проблема»? Ответы на эти вопросы могут немало прояснить также, в чем разница между творческим и рутинным, стандартным решением.

Рекомендации большинства методологов творчества относятся в основном к этапу генерации решения, к моменту, в котором предшествующий труд и упорное размышление над проблемой соединяются с вдохновением и приводят к озарению, инсайту и возникновению идеи. При этом немало полезного разработано для развития таких компонентов творчества, как ассоциативное мышление, концентрация внимания, улучшение памяти, преодоление негативных стереотипов. Наши усилия по созданию эффективных технологий для решения творческих проблем мы также концентрируем именно здесь. Хотя, как будет видно из дальнейшего, ТРИЗ охватывает все этапы решения проблем.

И кроме этого, целью ТРИЗ является сокращение трудоемкости подготовки проблемы к решению и создание принципиально более благоприятных условий для проявления личных способностей специалиста, для укрепления его уверенности в правильности и эффективности наших методов. Именно надежность и эффективность методов ТРИЗ создают реальную мотивацию, ведущую к настоящему вдохновению.

Нередко даже задачи одного типа могут быть решены только различными методами. Обычно это связано с уровнем сложности задачи. Причем, если задача

становится сложной из-за ее размерности, то можно говорить о сложности как о большой трудоемкости. Задачу часто называют проблемой именно из-за большой трудоемкости решения.

Предположим, что для поиска оптимального сочетания параметров какого-либо объекта Вам надо рассмотреть 10 факторов при 10 значениях каждого из них. Если даже Вы будете тратить на анализ одного сочетания 1 секунду, то решение всей задачи потребует более 300 лет! Здесь не обойтись без математической модели и хорошего компьютера. Более того, многие комбинаторные задачи не под силу и современным компьютерам.

И все же главным признаком для определения задачи как проблемы является недостаточность или недостоверность информации о задаче или о методе ее решения (рис. 7.4). К особому признаку относится ограничение по каким-либо ресурсам, особенно часто — по ресурсу времени для решения задачи. Иногда даже простые задачи превращаются в серьезные проблемы при недостатке времени для их решения.



Рис. 7.4. Задачи и проблемы

Рассмотрим несколько примеров.

Пример n^1 . Перемножение в уме двух однозначных чисел, например $5 \times 6 = 30$, является простой задачей. Более того, это стандартная табличная задача, для которой известен и автоматически воспроизводится ответ (решение).

Пример n^2 . Перемножение в уме двух трехзначных чисел, например $479 \times 528 = ?$, да еще при ограничении времени на решение, допустим, 20 секундами, мало кому доступно из людей всей планеты. Это — трудно разрешимая без специальной тренировки проблема. Хотя существует метод перемножения с записью «в столбик», который вполне за минуту позволяет решить эту задачу.

Пример n^3 . Всего лишь 2 века назад решение квадратичного уравнения вида $Ax^2 + Bx + C = 0$ выполняли только графически или последовательным подбором подходящих решений (корней). Сейчас метод решения представлен в известной аналитической формуле: $X_{1,2} = \frac{(-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC})}{2A}$. Проблема была переведена в ранг задачи.

Пример n^4 . Злой герой из известной легенды, желая завладеть юной красавицей, ставит условие, по которому он освободит от долга ее отца и отпустит ее, если она при свидетелях на площади достанет из мешочка белый камешек, а не черный. При этом он тайно кладет в мешочек два черных камешка. Что Вы посоветуете девушке для спасения? (Дополнительная информация: девушка достоверно узнала о коварном замысле.)

Пример n^5 . Известно, что дорожные пробки на автобанах и на улицах городов возникают потому, что пропускная способность (основной функциональный ресурс) этих транспортных путей исчерпана, по крайней мере, в часы «пик» либо при малейшем появившемся препятствии в виде неисправного или разгружающегося автомобиля, ремонта близлежащего к дороге здания или дороги. В Германии, например, исчерпаны ресурсы земли для строительства параллельных путей. Можете ли Вы предложить перспективные технические идеи для модернизации существующих автобанов и улиц? Можете ли Вы предложить новые транспортные системы для городов и междугородных коммуникаций? Можете ли Вы основательно защитить свои идеи?

Вполне очевидно, что решение проблем, приведенных в примерах n^4 и n^5 , требует изобретательного подхода и незаурядных творческих способностей. Так, для решения проблем, представленных в примере n^5 , сегодня (начало III тысячелетия!) работают целые исследовательские институты. Но эффективные решения еще не известны человечеству!

Решение примера n^4 , найденного бедной девушкой, казалось бы, в безнадежной ситуации, объясняет нам психолог и педагог Edward de Bono. Девушка достает один из камешков и выбрасывает его, не показывая никому, после чего просит всех посмотреть на оставшийся камешек. Если он черный, то выброшенный камешек был белый, и, следовательно, они с отцом свободны! Злой герой проиграл, так как он не может раскрыть свой замысел, отказываясь достать оставшийся камешек и требуя найти выброшенный.

Полезность этого примера и его объяснения не только в том, что мы не должны сдаваться вообще ни в каких ситуациях, но и в том, что мы должны как минимум рассмотреть ситуацию с разных точек зрения, учесть возможности изменить ее, найти ресурсы для этого, часто спрятанные совсем рядом.

Действительная проблема нередко заключается в том, что мы либо вообще не пытаемся найти не очевидные на первый взгляд ресурсы, либо, надо признать, не умеем это делать.

Ориентировочная оценка количества задач разного уровня сложности, встречающихся в патентном фонде, полученная еще Г. Альтшуллером, близка к известной пропорции «80 : 20» (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Распределение задач по сложности в патентном фонде

В основе решения любой задачи лежат профессиональные знания. Это условие необходимое, но не достаточное.

Для того, чтобы перевести проблему в ранг задачи (рис. 7.4), нужно, как минимум, удовлетворить условиям достаточности, а именно, иметь полную и достоверную информацию о проблемной ситуации, располагать достаточными ресурсами и знать методы, с помощью которых можно всю совокупность очевидных и скрытых ресурсов трансформировать в идею решения.

Еще раз вспомним, что рекомендуют такие традиционные подходы, как, например, метод фокальных объектов, брейнсторминг, синектика и морфологический анализ (рис. 2.2—2.5):

- ищите случайные ассоциации;
- фантазируйте;
- почувствуйте себя в роли объекта;
- перебирайте все возможные комбинации.

Эти методы в целом небесполезны и нередко могут привести к решениям некоторых стандартных проблем. Но с ростом сложности проблем эти методы быстро теряют свою эффективность. Строго говоря, они не способны стимулировать вдохновение. Следствием являются длительные и беспомощные поиски, большие материальные и интеллектуальные затраты, слабые и непригодные идеи, ошибочный отказ от достижения действительно перспективных целей.

Нужны высокоэффективные методы направленного мышления при решении конструкторско-технологических проблем с острыми физико-техническими противоречиями. Нужны конкретные конструктивные навигаторы для конкретных проблемных ситуаций.

Именно ТРИЗ предоставляет мыслительные навигационные инструменты и навигационные системы для решения как стандартных, так и нестандартных технических проблем.

ТРИЗ является системой, дисциплинирующей мышление. Специалист, владеющий ТРИЗ, психологически защищен и вооружен, так как глубоко сознает, что он владеет лучшим инструментарием для изобретательского мышления,

который до настоящего времени выработало человечество. Это дает уверенность в своих силах и, как ничто другое, способствует вдохновенному и смелому решению проблем.

7.2. Мета-Алгоритм Изобретения

ТРИЗ является качественной теорией. Модели такой теории представляют собой рекомендации, правила, инструкции, рецепты, образцы. Все эти модели служат инструментами для мышления, являются навигаторами мышления.

ТРИЗ — не единственная качественная теория. Достаточно указать на такие «настоящие» теории, как качественная физика, качественная теория информации, психология или медицина, многие разделы химии. Качественные модели лежат в основе теорий живописи и кинематографа, музыки и литературы, спорта, маркетинга, обучения, теории военной стратегии, тактики и оперативного искусства и так далее, практически для любой области знаний и деятельности людей.

ТРИЗ является конструктивной теорией. Такими же конструктивными являются и другие указанные выше теории.

Конструктивизм имеет здесь двойное основание.

Первым, неформальным, основанием является сугубо прагматическая интерпретация моделей и назначения каждой теории: ориентация на прикладные проблемы, на получение практических результатов на основе систематизированного и обобщенного опыта, на основе экспериментального подтверждения осуществимости и эффективности применяемых моделей теории. Например, психологи часто оправдывают свои модели и теории следующим конструктивным тезисом: мы не знаем точно, как работает мозг, но во многих случаях мы точно знаем, как помочь индивидууму принимать правильные решения.

Вторым, формальным, основанием может служить строгое соответствие моделей качественных теорий концепциям конструктивной математики. Очень упрощенно, но сохранив корректность, можно сказать, что конструктивная математика имеет дело с качественными моделями, определяемыми следующим конструктивным способом: 1) фиксируются исходные конструктивные объекты, определяемые, в частности, в виде примеров или образцов; 2) фиксируются правила (не обязательно аксиоматические), по которым строятся новые объекты из уже имеющихся; 3) фиксируются условия, налагаемые на исходные и построенные объекты и определяющие их конструктивность (например, осуществимость, полезность и эффективность).

Совокупность правил, определяющих построение новых конструктивных объектов, называется алгоритмом. Обобщенные алгоритмы, на основе которых могут быть построены специализированные (ориентированные на определенное приложение, на определенный класс моделей) или детализированные (более точные) алгоритмы, называются мета-алгоритмами.

Рассмотрим некоторые вспомогательные примеры.

Пример №⁶. Вы готовитесь организовать вечеринку. Вы определяете предварительно, сколько ожидается гостей, какие типы коктейлей Вы хотите предложить, сколько приготовить готовых коктейлей, какие коктейли можно будет готовить непосредственно во время вечеринки по вкусу гостей, стоимость вечеринки, наличие запаса нужных для коктейлей компонентов. Затем, не слишком полагаясь на свою память, Вы обращаетесь к справочной книге с рецептами коктейлей и выбираете нужные разделы по типам коктейлей, например, алкогольные и безалкогольные, с определенным видом напитка, со льдом или без льда. Затем Вы выбираете известные или новые названия, изучаете каждый рецепт, уточняете и, возможно, несколько меняете компоненты и пропорции, аранжируя букет коктейля в соответствии с Вашим оригинальным вкусом. Наконец, Вы проверяете, все ли коктейли Вы «спроектировали», и есть ли у Вас все необходимое, чтобы коктейлей хватило на все время вечеринки.

Это описание можно рассматривать как «мета-алгоритм» подготовки коктейлей для вечеринки. Заметьте, не конкретного коктейля, а любого одною или нескольких коктейлей! При этом рецепт для приготовления конкретного коктейля можно рассматривать как алгоритм для навигации Вашего мышлении с целью приготовления этого конкретного коктейля.

Выделим в этом «мета-алгоритме» вполне очевидные этапы, на которых решаются разные по содержанию задачи. Если организацию вечеринки принять за проблему, то на первом этапе Вы занимались изучением проблемной ситуации: определяли количество гостей, вспоминали их вкусы, придумывали типы коктейлей и т. д. На втором этапе Вы обратились к справочнику, чтобы проверить правильность того, что Вы помнили о некоторых коктейлях, или узнать о новых рецептах. На третьем этапе Вы работали с моделями — рецептами коктейлей, чтобы воспроизвести их или аранжировать новые. Наконец, Вы проверили свою готовность к проведению вечеринки.

Весь мета-алгоритм уложился в четыре крупных этапа, которые вполне понятны и которые на самом деле имеют намного больше деталей для описания всех практических действий. Можно дать названия этим этапам, например, в следующем виде: диагностика (проблемной ситуации), редуцирование (приведение к известным моделям), трансформация (получение идей на основе направляющих правил трансформации) и верификация (проверка потенциальной достижимости целей).

В заключение этого примера отметим лишь, что редкий справочник содержит больше, чем несколько десятков рецептов-«моделей». Так и в ТРИЗ: из нескольких десятков основных ТРИЗ-моделей можно построить нужный набор для решения конкретной задачи. То есть направленное комбинирование А-Навигаторов позволяет решать десятки и сотни тысяч самых разных задач.

Пример №⁷. Для решения практических задач производства, планирования, проектирования, управления, исследований разработаны и разрабатываются тысячи математических моделей и вычислительных алгоритмов. Для каждого класса задач существует определенная обобщенная схема решения любой за-

дачи, принадлежащей этому классу. Эта обобщенная схема и есть «мета-алгоритм». Рассмотрим, например, упрощенный «мета-алгоритм» решения систем линейных алгебраических уравнений (рис. 7.6) для некоторой практической задачи. Модели линейной алгебры имеют большое практическое значение для задач обработки экспериментальных данных по методу наименьших квадратов, для приближенного решения линейных интегральных и дифференциальных уравнений методом конечных разностей (например, при компьютерном 3D-моделировании) и т. п.

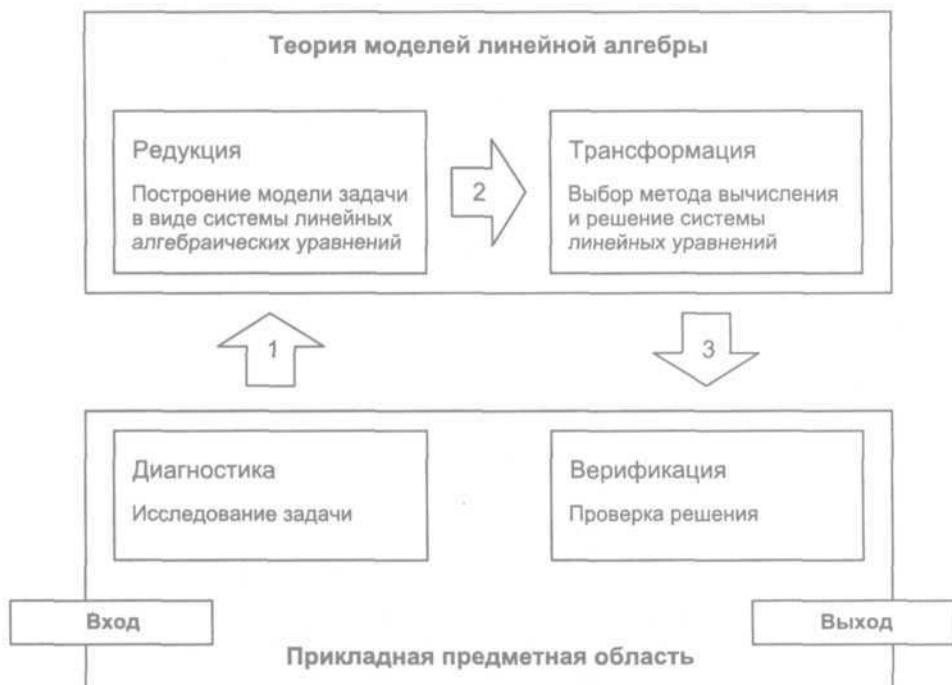


Рис. 7.6. Мета-алгоритм решения задач на основе вычисления систем линейных алгебраических уравнений

Выбор практического способа решения систем линейных алгебраических решений зависит от структуры исходных данных, объема системы (количества неизвестных переменных) и даже от вычислительной мощности компьютера. Например, выбор метода решения хорошо обусловленных систем при достаточно большом объеме данных становится нетривиальной проблемой (существует большое количество итерационных методов, методов скорейшего спуска, минимальных неувязок и других, обладающих различной эффективностью); Более того, для некоторых структур данных задача может не иметь «классического» точного решения {некорректно поставленные и плохо обусловленные задачи}.

Для данного класса задач «мета-алгоритм» обладает свойством инвариантности, так как не зависит от содержания конкретных процедур его этапов. Важно отметить, что этапы Диагностика и Верификация относятся к области существования задачи, то есть к определенной области практического применения

линейных уравнений. Этапы Редукция и Трансформация относятся к математической теории линейной алгебры.

Поэтому переходы 1 и 3 требуют знания и теории моделей, и прикладной области их применения. Переход 2 требует умения строить и решать модели теории. Даже для применения относительно «простых» упомянутых здесь моделей не все выпускники высших заведений успевают получить за время учебы достаточные практические навыки. Аналогично нужно быть готовым к тому, что ТРИЗ-методы также нужно будет как можно больше совершенствовать на практике и на тренингах.

Пример №⁸. Приведем численное решение для Примера №⁷. Пусть в двух цехах завода работает разное количество станков двух типов. Для точного определения средней мощности, потребляемой станком определенного типа, было решено воспользоваться имеющимися измерениями расхода электроэнергии по каждому цеху за сутки. На этапе диагностики проблемы было установлено количество станков каждого типа и данные по потреблению электроэнергии. На этапе редукции была построена система из двух линейных уравнений с двумя неизвестными. На этапе трансформации из двух простейших подходящих методов (метод исключения переменных и метод замены и подстановки переменных) выбрали последний. На этапе верификации путем прямой подстановки полученных значений искомых переменных в исходные уравнения убедились в правильности решения задачи.

Этот пример (рис. 7.7) служит предельно простой практической иллюстрацией абстрактной схемы, приведенной на рис. 7.6 и представляется важным для наработки навыка работы с моделью типа «мета-алгоритм» перед переходом к освоению схемы «Мета-алгоритм изобретения».

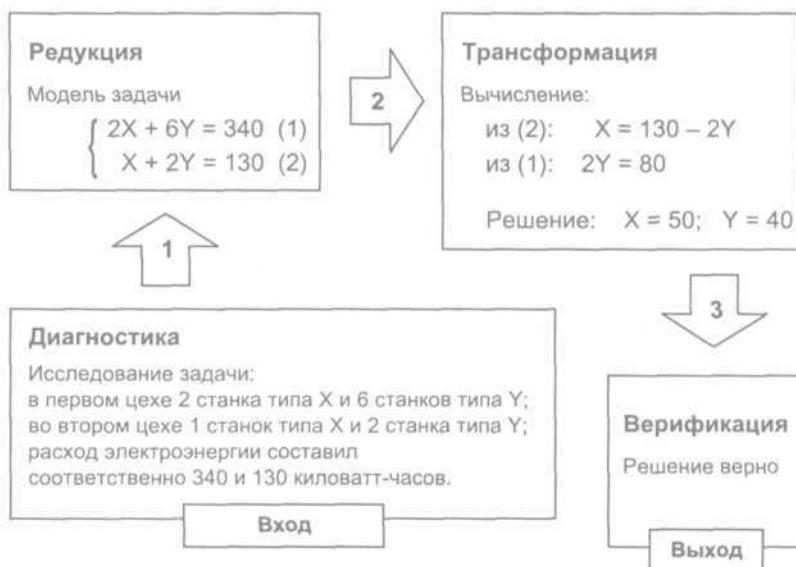


Рис. 7.7. Иллюстрация работы мета-алгоритма решения системы линейных алгебраических уравнений

Теперь у нас есть все необходимое, чтобы рассмотреть классические ТРИЗ-примеры, в которых сжато отражается вся классическая ТРИЗ. Но для упорядочивания процесса реинвентинга мы можем теперь применить движение по основным этапам только что построенного нами мета-алгоритма для решения системы линейных уравнений или для приготовления коктейлей!

Пример 13. Стрельба по летающим «тарелочкам». На стрельбище (рис. 7.8), где тренируются спортсмены в стрельбе по летящим мишениям («тарелочкам»), накапливается много мусора в виде осколков от пораженных «тарелочек». Брэйнсторминг обычно дает следующие идеи: делать «тарелочки» неразбивающимися; применить магнитный материал, чтобы легко было собирать все осколки с помощью машины; делать «тарелочку» из связанных частей, чтобы они не разлетались далеко; привязать к «тарелочке» нить и после поражения подтягивать мишень за нить к метательной машине; покрыть стрельбище убирающимся ковром; делать «тарелочки» из глины или песка, чтобы потом достаточно было разровнять землю и не убирать осколки. И так далее.

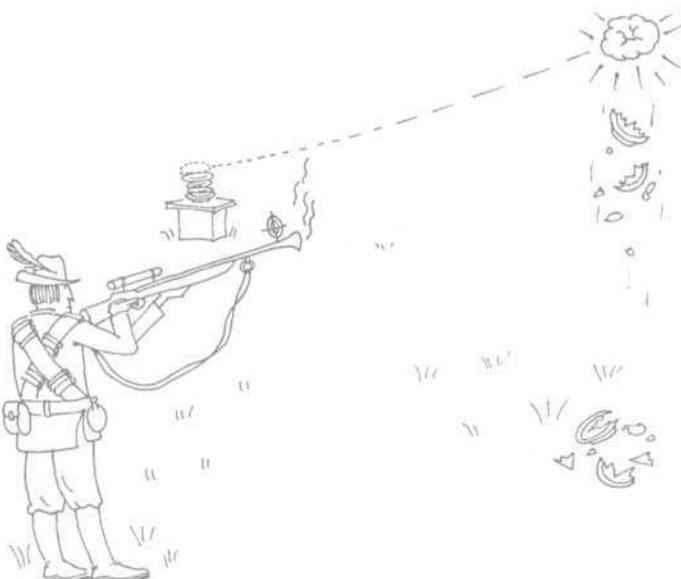


Рис. 7.8. На стрельбище

Нетрудно видеть здесь очень разные — как неплохие, так и не очень удачные — идеи (проанализируйте их и добавьте свои!). Но можете ли вы четко сформулировать главное:

- в чем все же истоки проблемы?
- что именно не удается разрешить здесь?
- что именно мы хотим получить?

(Здесь также полезно записать свои «модели», чтобы потом сверить их с контрольными.)

Попробуем ответить на эти вопросы так, как учит ТРИЗ (внимание: изложение носит ознакомительный характер и поэтому предельно сжато и упрощено!).

Диагностика. Уточним негативное свойство проблемы, которое нужно устранить: осколки отрицательно воздействуют на землю (стрельбище). Представим структуру проблемы (конфликта) в виде следующей логической модели: если осколки убирать, то это очень трудоемко и к тому же мелкие части мишней все равно постепенно сильно засоряют почву стрельбища; если осколки не убирать, то быстро накапливается недопустимо много мусора.

Редукция. Попробуем представить структуру проблемы в еще более упрощенном, зато наглядном, виде, например, в виде следующих противоречий.

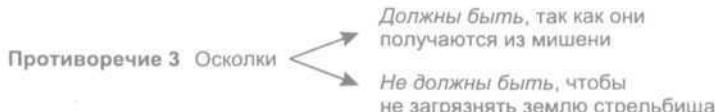


Теперь, по крайней мере, видно, что есть четкая модель конфликта и могут быть сформулированы как минимум две стратегии поиска решения. А именно, если попытаться устраниить негативное свойство в первой модели, то цель будет — снизить трудоемкость уборки осколков. А если пытаться устраниить негативное свойство во второй модели, то целью становится — устраниить загрязнение земли.

Вторая стратегия глубже: ее цель совпадает с главным позитивным результатом, который нас может интересовать, а именно, чтобы земля вообще не загрязнялась! Поэтому выбираем вторую стратегию.

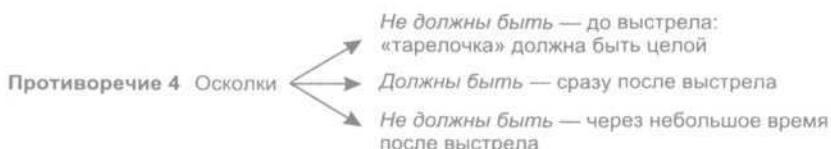
(Отметим, что уже здесь могут и должны быть применены приемы ТРИЗ из раздела 13, но для краткости изложения мы опускаем эти операции в данном примере.)

Теперь определим (да будет нам позволено так выразиться!) физическую причину конфликта между осколками и землей, то есть физическое противоречие:



Не правда ли, что в этой формулировке проблема выглядит еще более неразрешимой?!

Рассмотрим развитие физического противоречия во времени:



Сформулируем некий фантастический идеальный результат, осколки сами себя убирают, или еще короче — сами исчезают. Или: земля сама убирает осколки. Или: осколки не вредны земле. Или: какой-то волшебник Х начисто удаляет куда-то все осколки. Или... Вы можете дать полную свободу своей фантазии!

Что, с этими фантазиями тоже легче не стало? Верно. И все же не кажется ли Вам, что что-то неуловимо изменилось? Словно появилась какая-то робкая надежда!

Попробуем эту надежду привести к физической реальности.

Трансформация. Посмотрим первую версию: могут ли осколки куда-нибудь скатываться или слетаться, то есть собираться вместе? А еще лучше, просто исчезать, как в сказке?

По второй версии: земля пропускает осколки куда-то в глубину и делает их тем самым безвредными.

Третья версия наводит на размышления о материале мишени: какой материал безвреден для земли?

(Правда, что эти фантазии напоминают нам синектические операции?)

И все же, какая из этих версий выглядит менее фантастической? Похоже, что третья. Хотя и в предыдущих тоже что-то есть.

Итак, материал мишени. Любой материал можно рассматривать состоящим из какого-то числа частичек, соединенных в одно целое. По-видимому, чтобы материал не был вреден земле, каждая из его частичек не должна быть вредной. Какой это материал? Песок? Нет — будет накапливаться. Что еще?

А что если соединить все эти фантазии: частички этого материала безвредны для земли, свободно проходят сквозь землю «... сами исчезают»?

Что же это в конце концов? Вода? Но вода «летает» только в виде дождя! А впрочем, и в виде... снега или града. СТОП! Град — это лед! Вот и идея решения: делать мишени из льда!

Верификация. Согласны ли Вы, что именно обострение конфликта заставило нас выдвигать... правдоподобные фантазии? Благодаря этому мы поняли, причем полно и точно, все элементы конфликта, его протекание во времени и в пространстве. Мы точно поняли, что мы хотим получить в результате, разве что выразили это весьма образно, как бы «нетехническим» языком! Наконец, мы просто не смогли пройти мимо изучения материала мишени! При этом перебор подходящих материалов сократился почти сразу до единственного решения! Это и есть ТРИЗ. Но в упрощенном виде. Мы провели экспресс-тренинг, сфокусировав всю ТРИЗ в одном примере!

Пример 14. Свая. Иногда при постройке дома или моста в грунт для создания будущего фундамента во многих местах предварительно забивают многометровые бетонные столбы (сваи). Проблема заключается в том, что верхняя часть почти всех свай, по которой ударяет молот, часто разрушается (рис. 7.9).

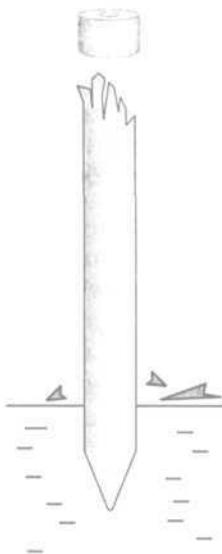


Рис. 7.9

Из-за этого многие сваи не удается забить на нужную глубину. Тогда эти сваи отпиливают, а рядом забивают дополнительные, что снижает производительность работ и повышает их стоимость.

Можете ли Вы предложить новую «неразрушающую» технологию забивания свай?

Рассмотрим эту проблему более подробно.

Диагностика. При выполнении полезной функции (забивание сваи) молот как «инструмент» или, в более общем виде, «индуктор», одновременно оказывает на сваю как «изделие» или, в более общем виде, «рецептор», вредное воздействие (разрушает сваю), то есть воспроизводит нежелательную негативную функцию.

Можно указать главную полезную функцию: быстрое забивание неповрежденной сваи на нужную глубину.

Приведем несколько стратегий, определяющих направление поиска решений, например:

- 1) делать всю сваю более прочной и удароустойчивой;
- 2) воздействовать предварительно на грунт, облегчая продвижение сваи на нужную глубину;
- 3) создать технологию забивания поврежденных свай;
- 4) изменить устройство молота, чтобы он меньше повреждал сваю;
- 5) защитить верхнюю часть сваи от разрушения.

Анализ стратегий определяется многими факторами и в полном объеме выходит за рамки классической ТРИЗ. Упрощая изложение, примем, что три первые стратегии ведут к чрезмерному повышению стоимости изделий и технологий. Две последние стратегии выглядят лучше, так как можно надеяться, что будут достаточными минимальные изменения, а поэтому на них и сосредоточимся. При этом можно даже объединить эти стратегии в более общей формулировке: обеспечить неразрушение верхней части сваи при забивании.

Редукция. Мы уже вполне представляем себе, как формулируется «идеальный конечный результат». В ТРИЗ отработаны несколько подходов к этому действию, которое во многом определяет стратегию решения задач и влияет на скорость нахождения решения и на его качество. Однако мы рассмотрим этот вопрос позже в основном курсе. А сейчас поступим так же упрощенно, как и в предыдущих примерах. В частности, потребуем, чтобы свая или молот не стали дороже, чтобы были использованы, если нужно, только «ничего не стоящие» материалы (ресурсы).

Далее определим то место в свае (рецепторе), которое испытывает на себе самое большое по силе негативное воздействие молота (индуктора): голова сваи, то есть верхний торец сваи, и особенно, поверхность, ограничивающая сваю сверху, по которой и ударяет молот. Таким образом, «оперативную зону», где сосредоточен конфликт, то есть одновременно существуют позитивная и негативная функции, определим в первом приближении как совокупность индуктора и рецептора и их элементов — соударяющихся поверхностей.

Рассмотрим главные силы и параметры, действующие и определяемые в оперативной зоне. Например, чем больше вес и сила удара молота, тем быстрее забивается свая, но тем больше проявление внутренних вредных факторов, ведущих к ее повреждению, ниже ее надежность. Если сваю забивать медленно, то можно уменьшить требующиеся для этого вес и силу удара молота и увеличить надежность сваи. На основе подобных физических соображений уже можно построить несколько моделей противоречий (обязательно попробуйте сделать это сами, причем не останавливайтесь на одном варианте, создайте их, например, 3 или даже больше). Мы приведем только два «симметричных» варианта, направленных на реализацию главной полезной функции:



Трансформация. Обращение к А-Матрице (Приложение) по первому варианту дает следующий набор приемов, рекомендуемых для применения в первую очередь:

Что улучшается? — Стока 22: Скорость.

Что ухудшается? — Столбец 14: Вредные факторы самого объекта.

Рекомендуются для применения приемы (приводим сокращенные описания):

05. Вынесение — отделить от объекта мешающую часть или выделить только нужное свойство;

18. Посредник — использовать промежуточный объект, передающий или переносящий действие, на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект;

01. Изменение агрегатного состояния — использовать переходы состояний вещества, или изменение гибкости, концентрации и т. п.;

33. Проскок — вести процесс на большой скорости.

Обращение к А-Матрице по второму варианту дает несколько иной набор приемов:

Что улучшается? — Стока 30: Сила.

Что ухудшается? — Столбец 14: Вредные факторы самого объекта.

Рекомендуются для применения приемы (приводим сокращенные описания):

11. Наоборот — отделить от объекта мешающую часть или выделить только нужное свойство;

12. Местное качество — разные части объекта должны иметь разные функции, или — каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе;

26. Фазовый переход — использовать явления, возникающие при фазовых переходах вещества, например, выделение или поглощение тепла;

18. Посредник — использовать промежуточный объект, передающий или переносящий действие, на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.

Нетрудно видеть, что приемы 05. Вынесение и 18. Посредник из первого набора вместе с приемами 11. Наоборот, 12. Местное качество и 18. Посредник (повторно!) из второго набора явно указывают на необходимость создания в оперативной зоне дополнительного объекта в виде посредника между молотом и сваей!

Действительно, при небольшом числе свай иногда на голову забиваемой сваи устанавливают деревянную колодку, по которой и бьет молот до разрушения колодки. (Другие возможности не будем анализировать из экономии времени и места.)

Верификация. Колодка разрушается быстро, причем свая повреждается еще до разрушения колодки из-за неравномерного смятия вещества колодки (дерева). Увы, проблема не нашла полного решения! Но, может быть, теперь оно должно быть взято за основу? И нужно рассматривать новую техническую систему, включающую теперь и посредника?

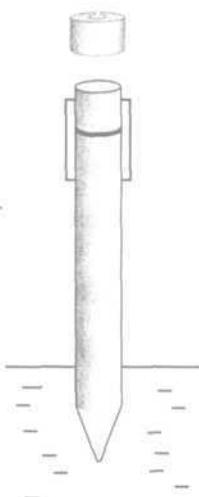


Рис. 7.10

Да, так и нужно действовать. И при этом мы переходим на повторение цикла Мета-АРИЗ!

Причем, посредник можно рассматривать как часть сваи, как ее голову, например. Но правильно рассматривать его как часть инструмента! Посмотрите, ведь свая совершенно не меняется! Значит, посредник нужно отнести к дополнительной части молота!

Позднее мы увидим, что чаще всего изменяют именно индуктор, что это одно из правил ТРИЗ. Анализируя ход своих решений, Вы наверняка заметили, что во многих случаях интерпретировать А-Приемы удается далеко не так просто, как это было продемонстрировано мной на специально подготовленных конструкциях. Вы правы: для этого нужны и опыт, и хорошее знание физических явлений (технических эффектов), и глубокие профессиональные знания. Наконец, даже хорошее (а иногда и плохое!) настроение тоже важно. А еще... Пожалуй, хватит! Тем более, что нам нужно идти дальше! А недостающее «еще» Вы обязательно приобретете со временем и с опытом применения ТРИЗ.

Диагностика+. Обратим внимание на то, что посредник теперь тоже является индуктором, близким к молоту по воздействию на сваю.

Чтобы не повторять предыдущих расуждений из первого цикла, требуется изменить стратегию дальнейшего поиска в направлении более глубокого анализа физики процесса!

Можно понять, например, что если материал посредника такой же, как и материал молота, то свая мало выигрывает от этого. Если материал посредника близок к материалу сваи (бетон), то он сам разрушается так же, как свая, и даже быстрее из-за меньшей массы. Далее: скорость разрушения посредника зависит от способа его установки на голове сваи — малейший перекос ускоря-

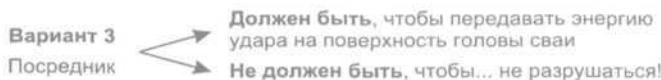
ет разрушение посредника! Это происходит потому, что удар молота и силовое взаимодействие основания посредника с поверхностью головы сваи происходят не по сплошной поверхности, а по отдельным точкам и линиям, на которых и концентрируется энергия удара, приводящая к многочисленным разломам. А как удержать посредника после удара, чтобы он плотно стоял на голове сваи? Это сложная задача. Да и сама поверхность головы сваи далеко не похожа на ровную и полированную крышку рояля.

Редукция+. Строить противоречия наподобие приведенных на этапе 2 вариантов выглядит малоперспективным, так как похожие модели ведут к простому повторению предыдущего цикла и ориентируют на тот же результат. Что это нам даст?! (Мы пропустим здесь тонкую возможность представить себе, что мы уже повторили этот цикл многие миллионы раз! — каков видится Вам итог?)

Сформулируем версии идеального конечного результата:

- 1) Посредник равномерно распределяет энергию удара по всей поверхности головы сваи (улучшение режима!).
- 2) Посредник разрушается и... сам мгновенно восстанавливается после каждого удара! Идеал!
- 3) Посредник... (добавьте, пожалуйста!)

Теперь противоречие приобретает предельно острую форму:



Запишем формулировку идеального результата в строгом соответствии с ТРИЗ-рекомендациями:

оперативная зона сама восстанавливает посредника!

Трансформация+. Ну что ж, давайте думать вместе, и вот каким образом. Представим себе, что посредник состоит (а так оно во многом и есть!) из огромного числа маленьких частиц... похожих на маленьких человечков, настолько маленьких, что мы видим только подобие фигурок. Но они, эти маленькие фигурки, вместе умеют делать все, что нам нужно! Они могут реализовать любой идеальный результат! При этом они ничего не стоят. Их количество можно легко уменьшать или увеличивать. Они могут моделировать любые энергетические поля, принимать вместе любые формы, быть твердыми или жидкими, иметь или не иметь вес, быть невидимками, издавать звуки и так далее без ограничений! И при этом они остаются всего лишь фигурками, нарисованными нашим воображением. Поэтому эти фигурки не жалко стереть или подвергнуть страшному испытанию, например, такому, как удар по ним свайным молотом!

Так вот, пусть во время удара эти фигурки заполняют все неровности в поверхности головы сваи (впрочем, как и в рабочей поверхности молота), и по-

этому энергия удара распределяется по большей площади! Затем, после встряхнувшего их удара, все фигурки снова соединяются в сплошной слой, плотно покрывающий всю голову сваи и... спокойно ждут следующего удара!

Вы представили уже реальный материальный объект, обладающий описанными свойствами?



Рис. 7.11

Песок (всего лишь одно или два недра) насыпается в стакан, надетый на голову сваи. Стакан длинный, и в нем движется молот. Песок практически ничего не стоит, часто его полно в грунте, в котором вырыт котлован для будущего фундамента. В конце концов, его не так уж много и надо, поэтому недорого и привезти столько, сколько нужно.

Верификация+. Решение эффективно, так как надежно работает и не требует больших пират на реализацию.

Принцип решения — дробление объекта до уровня частиц с определенными свойствами — обладает мощным методическим «сверхэффектом»: его можно развивать и переносить на другие объекты с близкими и не слишком похожими противоречиями!

Наконец, это решение можно развивать! Ведь мы можем расширить оперативную зону до размеров, например, всего тела сваи. Мы можем сформулировать такой идеальный результат, при котором свая принципиально не может разрушиться, потому что ее... нет!

Пусть она... вырастает! Как дерево, например! И поэтому ее... никто не забывает.

Но об этом позже.

Теперь мы можем собрать основные концепты вместе и представить обобщенную версию «Мета-алгоритма изобретения» или, сокращенно, Мета-АРИЗ (рис. 7.12).

Этот вариант схемы содержит также операции стратегического уровня, включенные в этап диагностики, и операции тактического уровня, включенные в этап редукции, и отражает часто встречающееся на практике совмещение операций разных уровней в едином процессе создания решения.

Нетрудно видеть, что этапы Диагностика и Редукции содержат преимущественно процедуры анализа проблемы, а этапы Трансформация и Верификация — синтеза идеи решения.

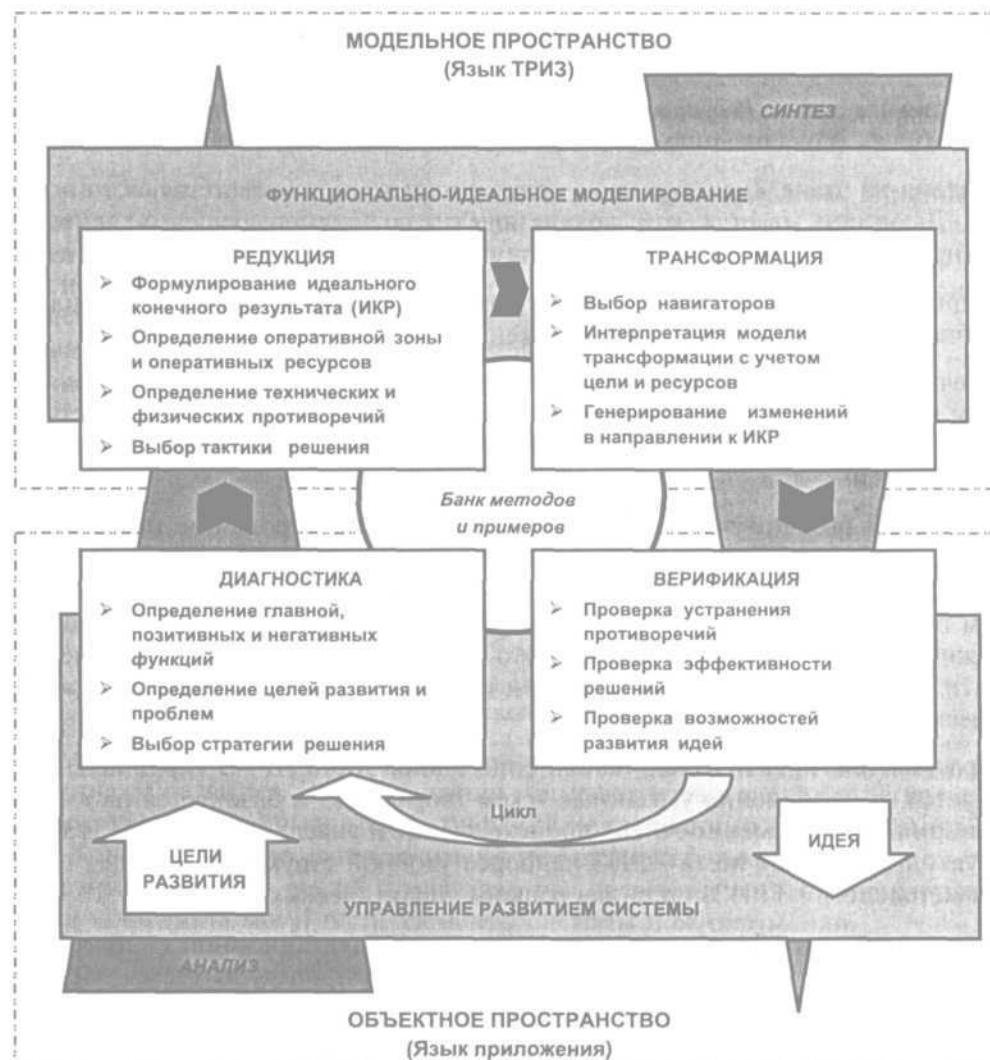


Рис. 7.12. Обобщенная схема Мета-алгоритма изобретения (Мета-АРИЗ)

Все этапы опираются на базы знаний (показаны условно в центре рисунка), основу которых составляют А-Навигаторы, модели стратегического и тактического управления процессом решения проблем, методы психологической поддержки и другие рекомендации, которые и рассматриваются в последующих разделах учебника.

Интересно обратить внимание на определенное сходство Мета-АРИЗ с четырехэтапными «схемами творчества», предложенными М. Беренсом и Г. Уоллесом (см. раздел 4.1).

Но особенно Мета-АРИЗ близок к четырехэтапной «схеме творчества» по Д. Дьюи.

Действительно, действия на этапе Диагностика могут быть интерпретированы как «столкновение с трудностью, попытки вскрыть элементы и связи, приводящие к противоречию».

Действия на этапе Редукция имеют одной из основных целей «ограничение зоны поиска (локализацию проблемы)».

Действия на этапе Трансформация практически точно соответствуют тому, что по Д. Дьюи описывается, как «возникновение возможного решения: движение мысли от того, что дано, к тому, что отсутствует; образование идеи, гипотезы».

Наконец, этап Верификация включает «рациональную обработку одной идеи и логическое развитие основного положения».

Конечно, конструктивизм Мета-АРИЗ радикально отличается от указанных «схем творчества», в том числе и от схемы Д.Дьюи. И все же интеллектуальный и духовный «генезис» несомненно присутствуют здесь. Этим и интересна связь времен!

Мета-АРИЗ был получен автором как обобщение и упрощение (прояснение, освобождение от избыточности) описаний всех «поколений» АРИЗ. И все же знатоки ТРИЗ заметят, что Мета-АРИЗ наиболее близок по структуре к самым первым и «ясным» АРИЗ Г. Альтшуллера 1956 и 1961 года (см. рис. 5.1). Можно сказать, что Мета-АРИЗ — это те первые АРИЗ, но представленные почти через полвека в новой редакции и с учетом нового уровня системотехнических знаний!

И, разумеется, практическое наполнение этапов Мета-АРИЗ кардинально отличается от наполнения указанных «схем творчества» и базируется на инструментарии ТРИЗ. Именно АРИЗ-происхождение и унаследованный ТРИЗ.-конструктивизм делают Мета-АРИЗ наиболее удобной структурой как для изучения методологии ТРИЗ, так и для решения практических задач.

Мета-алгоритм изобретения является основной навигационной системой при решении любой изобретательской проблемы. Все процедуры схемы Мета-алгоритма (рис. 7.12) постепенно нужно запомнить и при решении новых проблем применять автоматически в указанной на схеме последовательности.

8. Оперативная зона

8.1. Эпицентр проблемы

Перед изучением этого раздела полезно перечитать все 14 предыдущих примеров реинвентинга. Но, предположим, что Вы хорошо помните содержание этих примеров. Тогда приступим к изучению одного из центральных понятий классической ТРИЗ — оперативной зоны.

Оперативная зона (OZ) — совокупность компонентов системы и системного окружения, непосредственно связанных с противоречием.

Образно говоря, оперативная зона является эпицентром проблемы. Влияние же проблемы может сказываться, как и при всяком конфликте и потрясении, не только на конкретных элементах, но и на всей системе, а также и на окружении системы. Равно, как и средства для решения проблемы в конце концов привлекаются либо из самой системы, либо из системного окружения. Указанные связи полезно представить схемой (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Структура связей OZ с системой и системным окружением

Системное окружение предъявляет к системе требования, определяющие направление ее развития. Эти требования могут вступать в конфликт с возможностями системы, либо вызывать конфликт между частями и элементами системы. Конфликтующие свойства имеют определенных носителей, то есть это конкретные элементы системы или даже вся система в целом. Иногда участниками конфликта могут быть элементы системы и ее окружения.

Экторы — основные элементы OZ, являющиеся носителями конкретных противоречивых свойств.

Индуктор — эктор, создающий воздействие на другой эктор (рецептор) в виде передачи энергии, информации или вещества и инициирующий изменение или действие рецептора.

Рецептор — эктор, воспринимающий воздействие индуктора и изменяющийся или приходящий в действие под этим воздействием.

Внутри OZ может не быть в явном виде либо индуктора, либо рецептора, либо может быть более двух индукторов или двух рецепторов. Встречаются структуры, где индуктор и рецептор могут меняться ролями в зависимости от целей анализа проблемы либо от целей синтеза решения.

Описание OZ стремятся редуцировать к структуре с минимальным количеством элементов, то есть к модели из одного индуктора и одного рецептора. Классическим примером является взаимодействие инструмента с изделием (деталью). Более того, ранее в классической ТРИЗ основные элементы OZ условно назывались инструментом и изделием, хотя их функциональные роли могли не соответствовать этим названиям. Вводимые здесь названия индуктор и рецептор являются более общими и нейтральными к содержанию физических действий элементов OZ.

Рассмотрим элементы OZ в ранее приведенных примерах.

Из Примера 1. В соответствии с задачей создания пера как элемента, регулирующего выход чернил из ручки, в состав OZ вошло бы перо как индуктор, воздействующий на чернильную струйку (рецептор), протекающую по прорези пера. В состав OZ могла бы войти окружающая атмосфера (системное окружение), если бы мы должны были учесть влияние атмосферного давления на протекание чернил по прорези пера. Мы могли бы учесть скорость попадания чернил из корпуса ручки в прорезь пера, и тогда в состав OZ вошла бы остальная часть ручки (система).

Требуемый результат: истечение чернил из кончика пера, регулируемое по скорости силой нажатия на перо.

Противоречие: чернила должны быть «быстротекущими», чтобы легко проходить по прорези пера, и чернила не должны быть «быстротекущими», чтобы не вытекать из ручки самопроизвольно.

Ведущие ресурсы для решения проблемы: форма прорези и пружинящие свойства материала пера для функционирования прорези как регулирующего «клапана» или «крана»; атмосферное давление, температура и влажность; гигроскопические свойства бумаги (или другого материала, на котором пишут ручкой); сила нажатия на перо.

Ведущие трансформации: динамизация (прорезь с переменными размерами); многофазовое состояние вещества (пружинящие свойства); создание энергетического пути от руки через корпус ручки и перо к бумаге, чтобы силой нажатия воздействовать на раскрытие прорези пера (этот путь имеет продолжение до замкнутого контура через стол, пол, стул и корпус пишущего человека до руки).

Учебный вариант 1: для более точного анализа могло понадобиться сужение OZ и объявление индуктором самой прорези пера. Такая интерпретация была бы полезной для исследования, например, профиля и параметров прорези. Ведь при этом уже не играли бы никакой особой роли такие, например, части

пера, как место крепления к корпусу ручки, общая форма пера и другие компоненты. Зато для этой задачи мы могли бы учесть свойства бумаги и включить бумагу как компонент OZ (скорее всего как второй рецептор, на котором перо оставляет чернильный след). Здесь всё перо является системой для прорези, а любые другие объекты являются системным окружением для пера.

Учебный вариант 2: может быть рассмотрена задача взаимодействия только чернил с бумагой, и тогда представляется вполне возможно представление в OZ только чернил как индуктора, а бумаги — как рецептора, с описанием их свойств и противоречивого взаимодействия.

Из Примера 4. В соответствии с задачей создания самолета с вертикальным взлетом/посадкой в состав OZ могли входить сам самолет (система — рецептор), двигатель самолета (первый индуктор — часть системы) и воздух (второй индуктор — системное окружение). При старте двигатель должен работать в форсированном режиме и толкать самолет строго вверх. При этом самолет стартовал и садился как ракета, которая не может опираться на воздух плоскостями крыльев. Поэтому и возникали проблемы с устойчивостью ориентации корпуса самолета в воздухе, приводившие к авариям при старте, и особенно, при посадке, когда пилоту очень сложно наблюдать место посадки, так как он опускается вниз, а вынужден смотреть вверх, так как фактически лежит на спине (см. рис. 6.2).

Требуемый результат: новая функция — вертикальный взлет/посадка.

Противоречие: вертикальная ориентация корпуса самолета согласована с направлением старта/посадки, но трудна для управления.

Ведущий ресурс для решения проблемы: внутрисистемный, изменение конструкции.

Ведущая трансформация: динамизация (поворачивающиеся двигатели или крылья).

Из Примера 10. В соответствии с начальной постановкой задачи в состав OZ достаточно включить воду (первый индуктор — часть системы полива), почву у основания пальмы (рецептор — часть системы полива) и воздух (системное окружение — второй индуктор). Заметьте, не солнце, а именно воздух, температура и другие свойства которого непосредственно влияют на состояние почвы у основания пальмы. Также не нужно рассматривать в качестве системы и участника OZ всю пальму, так как непосредственное участие в конфликте она просто не принимает! Да, на ней сказываются результаты плохой организации полива, и именно всю пальму призвано защитить новое решение, но она не является активным эктором в этой ситуации! Внимательно разберите этот пример.

Идеальный результат: OZ сама обеспечивает длительный полив пальмы!

Противоречие: вода должна быть (под пальмой для полива), и вода не должна быть (там, так как она быстро уходит и испаряется — в обычных условиях).

Ведущий ресурс для решения проблемы: внутрисистемный и внутри ОЗ — двухфазовое состояние воды при разных начальной и конечной температурах.

Ведущая трансформация: переход на микроуровень вещества и использование физико-технического эффекта — переход воды из твердого в жидкое состояние.

Из Примера 12. В соответствии с общей постановкой задачи в состав ОЗ достаточно включить ликер и бутылочку и рассмотреть только их взаимодействие между собой для достижения идеального конечного результата! Это вообще довольно редкий случай, когда можно изменять само изделие. Впрочем, не само изделие, а процесс его изготовления. Но путем трансформации его компонентов. В начальной постановке твердая шоколадная бутылочка-индуктор воздействует на жидкий ликер-рецептор, принимая его внутрь через горлышко. По новой идеи, наоборот, замороженная ликерная бутылочка-индуктор служит формой, на которую натекает жидкий шоколад-рецептор.

Идеальный результат: ОЗ сама обеспечивает образование бутылочки вместе с ее содержимым!

Противоречие: ликер должен быть (внутри шоколадной бутылочки), и ликер не должен быть (там, так как весь процесс сложен).

Ведущие ресурсы для решения проблемы: внутри ОЗ — двухфазовое состояние ликера и шоколада при разных начальной и конечной температурах; системный — изменение порядка операций и замена прежних формующих элементов на «форму-копию» в виде замороженной ликерной массы в виде «бутылочки»; внесистемные — дополнительная энергия и формы для заморозки ликера, дополнительные формы для получения горлышка шоколадной бутылочки.

Ведущие трансформации: переход на микроуровень вещества и использование физико-технического эффекта (применение двухфазового состояния вещества); принцип копирования (см. процесс реинвентинга в примере 12).

Из Примера 14. Правильная ТРИЗ-диагностика первоначальной постановки задачи требует включить в состав ОЗ не всю голову сваи, а только верхнюю поверхность головы сваи (рецептор) и молот (индуктор). Заметим, что в традиционном ТРИЗ-описании было трудно назвать эту часть сваи изделием, так как под изделием мы могли понимать только всю сваю. Но на самом деле не нужно рассматривать всю сваю! Для понимания физики процесса нужновести диагностику только в области верхней поверхности головы сваи. Там находится та ОЗ, на которой мы сразу сосредоточились (другие возможности будут рассмотрены далее).

Рецептор быстро разрушается под воздействием индуктора из-за неравномерного распределения энергии удара по верхней поверхности головы сваи. Конечно, и из-за неустойчивого к ударной нагрузке материала сваи, но материал сваи (изделие!) нельзя менять по условию задачи.

В первой фазе в решении участвовали следующие аспекты.

Идеальный результат: сохранить голову сваи целой и использовать ресурсы вне сваи!

Противоречие: удары молота нужны для забивания сваи, но они разрушают сваю сверху.

Ведущий ресурс: системный и ОЗ — изменение инструмента.

Ведущие трансформации: принцип посредника (прием № 18) — введение прокладки между молотом и головой сваи; прием № 13 «Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности» — прокладка-посредник сделана из дерева (сокращая описание примера 14, мы не включили этот прием в рассмотрение, а использовали его здесь в качестве важного дополнительного пояснения).

Это решение также со временем было признано недостаточно эффективным (недостаточно дешевым). На второй фазе в решении участвовали следующие аспекты.

Усиленный идеальный результат: посредник должен быть «вечным» и «ничего не стоящим»!

Противоречие: посредника не должно быть (так как он разрушается) и посредник должен быть (по требованию главной полезной функции технологического процесса).

Ведущий ресурс: внутри ОЗ — изменение материала инструмента (посредник тоже стал инструментом, непосредственно воздействующим на изделие — сваю!); системный — изменение инструмента; внесистемный — использование дешевого материала (песка) на строительной площадке.

Ведущие трансформации: усиление применения приема № 13 «Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности» — поиск еще более дешевого материала для прокладки-посредника; моделирование процесса методом маленьких фигурок и выход, фактически, на прием № 3 «Дробление», пункт с) увеличить степень дробления (измельчения) объекта — в итоге, применение слоя песка в качестве посредника.

Проведенное исследование пяти решений дает нам достаточные основания для важнейших обобщений. Процесс решения в классической ТРИЗ направлен на трансформацию ОЗ и опирается на следующие ключевые концепты (рис. 8.2):

- функциональная идеальная модель (ФИМ) — представление о том, как должна функционировать система при идеальном решении проблемы;
- противоречие — модель системного конфликта, отражающая несовместимые требования к системе;
- трансформация — модель изменений в системе, необходимых для устранения противоречия и достижения ФИМ;
- ресурсы — многоаспектная модель свойств системы, отражающая, например, ее назначение, функции, состав элементов и структуру связей между элементами, информационные и энергетические потоки, мате-



Рис. 8.2. Структура взаимодействия ключевых концептов ТРИЗ

риалы, форму и пространственное расположение, временные параметры функционирования, эффективность и другие частные показатели качества функционирования.

Эти аспекты аккумулировали объем знаний, которые в классической ТРИЗ являются фундаментальными и которые составляют важнейшее ядро для творчества, целую познавательную и инструментальную систему, названную автором А-Студия (в соответствии с введенными ранее названиями, например, А-Навигаторами, и с авторской систематизацией, рассмотренной в разделе 20.3 CROST: пять ядер творчества).

Именно эти аспекты классической А-Студии и будут находиться далее в центре нашего внимания.

8.2. Ресурсы

В центре рис. 8.2 находятся «ресурсы». Традиционное ТРИЗ-понимание ресурсов относилось, по-существу, только к технической системе и системному окружению. При этом подразумевалось, что проблема всегда возникает тогда, когда для достижения требуемого функционального свойства остро не хватает определенного ресурса. В целом так оно и есть.

Но сегодня мы должны смотреть на процесс создания изобретения гораздо шире и объективнее, отказываясь от преимущественно техно-центрической ориентации ТРИЗ в пользу человеко-центрической, более естественнонаучной и интегрированной. Именно в таком направлении ориентирована CROST (см. часть Развитие ТРИЗ). В классической ТРИЗ на первых порах её становления упорно проводилась в практику мысль о том, что по ТРИЗ-моделям и по АРИЗ, а также с учетом закономерностей развития систем, можно будет создавать изобретения примерно так же, как мы решаем математические задачи. Но с годами становилось все более и более ясным, что в центре «модели» создания изобретения остается человек — с его индивидуальной органи-

заций мышления, мотивацией, эмоциями, свойствами характера и личности в целом. Поэтому изложение идей классической ТРИЗ также должно происходить в современной редакции, с учетом возможности и необходимости предложения более общих теорий, в которых ТРИЗ может стать фундаментальной частью.

Схема по рис. 8.3 отличается от приведенной на рис. 8.1 тем, что здесь явно присутствует «решатель проблемы» — человек.

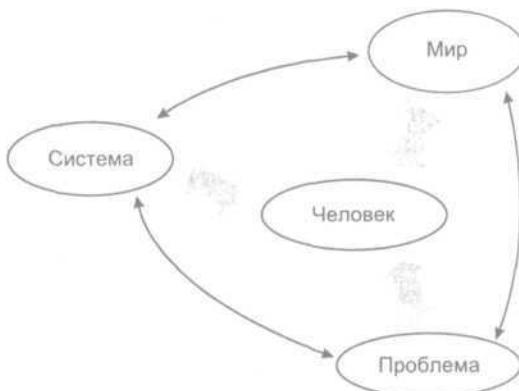


Рис. 8.3. Системные связи человека как «решателя проблемы»

Можно уверенно сказать, что успех решения проблемы определяется двумя видами ресурсов: ресурсами проблемы (системы и ее окружения) и ресурсами решателя проблемы. Разумеется, что трудно и не нужно отделять одно от другого, так как все рекомендации служат единственной цели — повысить эффективность и сократить время решения проблемы человеком.

ТРИЗ предложила конструктивные модели для решения проблемы «со стороны технической системы». И именно ТРИЗ открыла также способы реальной помощи решателю проблем с учетом позитивных и негативных стереотипов мышления. И все же теория решения проблем с конструктивными моделями «со стороны решателя проблемы» еще ожидает своего создания. Позиция автора учебника как раз и состоит в том, чтобы не ограничиваться односторонними концепциями. При этом автор мечтает о будущем времени, когда основы ТРИЗ будут изучаться вместе с основами математики, правописания и компьютерной грамотности и будут признаны не менее полезными и важными для каждого человека.

А пока посмотрим на ресурсные модели с точки зрения ТРИЗ. Прежде всего, ТРИЗ рекомендует при решении задач помнить о том, что в любой системе все части прямо или косвенно связаны между собой в единое целое, и что каждая система, подсистема или даже каждый элемент могут быть представлены как абстрактная машина (рис. 8.4). Любая техническая система имеет обобщенную структуру, включающую источник энергии (ИЭ), трансмиссию (ТР), рабочий орган (РО), систему управления (СУ) и конфигуратор (КФ) в виде конструкции, объединяющей все компоненты.

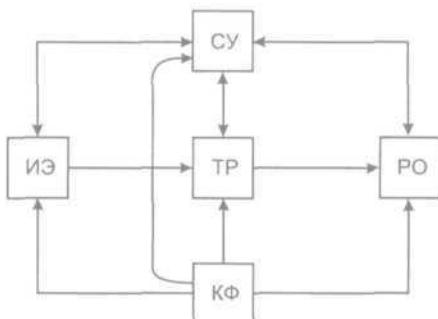


Рис. 8.4. Абстрактная машина

В ТРИЗ постулируются следующие свойства развивающейся системы:

- 1) техническая система является минимально полной, если в ее реализации присутствуют все компоненты абстрактной машины;
- 2) техническая система является минимально работоспособной, если все компоненты ее абстрактной машины минимально-работоспособны по отдельности и вместе;
- 3) развитие всякой технической системы начинается от минимально работоспособного ядра;
- 4) проблемы развития технической системы связаны с неравномерным развитием ее компонентов и могут быть устранены временно и локально усовершенствованием компонентов и связей между ними, либо постоянно и totally заменой всей системы на другую с такими же функциями.

В ТРИЗ постулируются следующие принципы создания минимально работоспособного ядра:

- 1) все компоненты должны быть связаны между собой в единое целое, обладающее хотя бы одним системным свойством, которого нет у отдельных составляющих систему компонентов;
- 2) все пути прохода энергии, вещества и информации по связанным компонентам системы должен быть непрерывными и замкнутыми в контуры либо внутри системы, либо вне системы через системное окружение.

Так, первый автомобиль родился, когда на телегу (конфигуратор) был установлен бензиновый двигатель (источник энергии) с устройством передачи вращательного момента (трансмиссия) на колеса (движители — рабочие органы) и устройством для поворота колес (система управления направлением движения).

Карандаш является технической системой условно, так как для его применения нужен внешний источник энергии (например, рука) и система управления (например, человек). Но он содержит рабочий орган — стержень, заключенный в корпус, который одновременно является конфигуратором для карандаша и трансмиссией для передачи энергии на рабочий орган от руки пишущего человека.

Значительное число ошибок при создании изобретений связано с нарушением изобретателями указанных выше системных постулатов либо с отсутствием возможности их реализации. Например, первые самолеты не могли подняться в воздух, так как мощности их источника энергии не хватало, чтобы создать достаточную подъемную силу через опору крыльев на воздух, то есть не было замыкания энергетического контура через самолет и воздух, чтобы компенсировать вес самолета. Затем самолеты прошли сложный путь развития системы управления полетом, включая создание элеронов, стабилизаторов и рулей поворота и выбор количества крыльев и их формы. Причем процесс этот может циклически повторяться (см. раздел 15. Классические ТРИЗ-модели инновационного развития). Неоднократно возникали проблемы усовершенствования всех компонентов, например, создание утолщенной передней кромки крыла и выпуклости крыла вверх для обеспечения разности скоростей обтекания крыла потоком воздуха над и под крылом. И так далее.

В основе развития систем лежит поиск и применение ресурсов, необходимых и достаточных для решения каждой конкретной проблемы. Соединение имеющихся и новых (или преобразованных) ресурсов, создающее новый положительный технический эффект, и является изобретением. И наоборот, отсутствие (нередко, кажущееся!) необходимых и достаточных ресурсов для реализации требуемого свойства системы и создает проблему.

Рассмотрим несколько вспомогательных примеров.

Пример 15. Автомобильная навигационная система. Главная полезная функция этой системы: предоставление необходимой информации для построения оптимального маршрута в городе или в других местах. Обеспечение этой функции стало возможным после интеграции большого числа других систем в единую систему навигации. В итоге функция оценки пропускной способности и состояния дорог вынесена в локальную надсистему (региональные системы наблюдения и контроля). Функция определения координат транспортного средства на местности обеспечивается глобальной системой специальных навигационных спутников, находящихся на орbitах над Землей. Передача данных обеспечивается системами радиосвязи. Отображение ситуации обеспечивается бортовым компьютером (подсистемой), а оценка ситуации и выбор маршрута остаются за человеком (система). Что здесь главное с точки зрения изобретения? Можно сказать, конечно, что это информация. Да, действительно, это так, но все же информация является здесь только главным обрабатываемым «продуктом». Но кто обрабатывает этот «продукт»? Ответ: принципиально новая организация всей совокупности взаимодействующих систем, создающая новое функциональное свойство, не имеющееся у каждой из систем-компонентов в отдельности. Или иначе, новое функциональное свойство возникло из интеграции ресурсов различных систем благодаря изобретению способа и схемы их взаимодействия. А для каждого отдельного компонента это означает использование его системного ресурса, то есть того, что именно этот компонент вносит в объединенную систему.

Пример 16. Изобретение... интереса. На многочисленных упаковках давно стали размещать лотерейные номера, анекдоты, смешные рисунки, целые сериа-

лы комиксов, календари, короткие занимательные истории, биографии знаменитостей, игры, рецепты особенных блюд из данного продукта, не говоря уже об инструкциях и примерах применения изделия. Какой ресурс эксплуатируется здесь? С технической точки зрения можно сказать, что ресурс свободного места на упаковке, даже ресурс краски и так далее. Но главное здесь в чисто творческом плане — это информационный ресурс!

Пример 17. На пути к DVD. Первые магнитные накопители были применены для построения устройств долговременной памяти в компьютерах после того, как они прошли довольно длительный путь развития как устройства для звукозаписи. То есть магнитная запись была приспособлена для хранения цифровой информации. Но через некоторое время произошел обратный, причем, революционный переход, когда развивающиеся накопители цифровой информации на лазерных (оптических) компактных дисках (CD) достигли такой плотности записи, что на них стало возможным записывать 600—700 мегабайт данных или 40—60 минут высококачественного звучания музыкальных произведений. Наконец, к концу XX столетия появились диски DVD с объемом информации до 20 гигабайт и с возможностью воспроизведения видеофильмов в течение нескольких часов! То есть плотность цифровой записи/чтения информации являлась тем постоянно развивающимся ресурсом для CD, который и привел к революционным изменениям в создании компьютерной техники, а также аудио- и видеотехники. Это примеры создания различных изобретений с применением различных физических явлений, но на основе развития и использования одного и того же функционального ресурса. Вместе с тем следует отметить выдающуюся роль информационного ресурса в виде новейших систем сжатия данных (сегодня это — Motion Pictures Expert Group MPEG-2 для передачи видеоизображений и ряд форматов для аудиосопровождения, например, Dolby Digital Format, Digital Cinema Sound и другие).

Пример 18. Многопроцессорные системы. Немало патентов получено на специализированные вычислительные системы. Такие системы, как правило, многопроцессорные, могут обладать максимальной теоретической производительностью для определенного класса задач или даже для одной задачи. Также есть немало патентов на конкретные структуры универсальных многопроцессорных систем. Высокая производительность таких систем обусловлена тем, что в зависимости от решаемой задачи или даже нескольких одновременно решаемых задач происходит динамическое распределение свободных процессоров для обработки данных разных задач или даже одной задачи. Это означает, что структура потоков данных постоянно меняется при неизменной постоянной физической коммутации процессоров. В любом случае в процессе создания изобретения доминирует структурный ресурс. Следует указать также на серьезное значение временного ресурса, так как процессоры обслуживают задачи в режиме разделения времени (синхронного или асинхронного, динамического).

Пример 19. Что общего между кино, электролампочкой и дисплеем? После создания возможности фиксации на фотопластину видеоизображений кино родилось не скоро. Это произошло только тогда, когда было установлено, что за счет инерционности нашего зрения последовательность снимков непрерывно-

го движения с частотой не менее 16 кадров в секунду (16 герц) при их последующем определении с той же частотой и воспринимается зрением именно как непрерывное движение. Так появилось кино. Кстати, электролампочки в наших домах вспыхивают и гаснут с частотой около 50 герц, так что мы легко просто не замечаем (этому способствует и то, что нить накала не успевает остывать при смене напряжения). В компьютерных мониторах частота смены кадров сегодня достигла 100 герц, что обеспечивает высокое качество изображения и меньшую утомляемость операторов, работающих за мониторами. Здесь в явном виде эксплуатируется временной ресурс.

Пример 20. Коридор для самолета и спутника. В районах крупных аэропортов диспетчеры стандартно или ситуативно устанавливают в воздушном пространстве так называемые «коридоры» для нескольких самолетов, готовящихся к посадке, а также взлетающих. «Коридор» задается высотой на местностью, высотой и шириной самого «коридора», и курсом, то есть ориентацией «коридора» и направлением полета по нему. Несколько более сложно задаются «коридоры» взлета и посадки. Похожие действия осуществляются при запуске новых спутников или при переводе спутников на орбиты с новыми параметрами. Эти операции проводятся для того, чтобы создать в пространстве непререкающиеся траектории и избежать столкновения летательных аппаратов. Понятно, что здесь доминирует пространственный ресурс.

Пример 21. Солнцезащитные очки. Недавно были запатентованы солнцезащитные очки со светопропусканием, управляемым пользователем. Для каждого глаза имеется по два стекла, одно из которых можно вращать. Сами стекла являются так называемыми поляризационными фильтрами. При определенном взаимном положении стекол их векторы поляризации совпадают, и очки пропускают максимальный свет. Но при повороте одного из стекол векторы поляризации смешаются, и светопропускание уменьшается. Еще раньше были запатентованы солнцезащитные очки с хроматическими стеклами, «автоматически» меняющими свою прозрачность в зависимости от яркости света. Здесь очевидно используется вещественный ресурс.

Пример 22. Электростанция в каминной трубе. Действительно, в 20-х годах ушедшего столетия французский инженер Бернард Дюбо предложил идею электростанции, турбина которой работает в высокой трубе от потока восходящего теплого воздуха. Через 50 лет известный германский инженер Йорк Шляйх из Штутгарта, разработчик ряда оригинальных мостов, градирен и крыши Олимпийского стадиона в Мюнхене, развил и экспериментально подтвердил эту идею 10-летней работой первой такой электростанции в Испании. В основу электростанции положены два хорошо знакомых всем эффекта: парниковый и каминный (рис. 8.5).

Огромный «парник» со стеклянной крышей, например, площадью около квадратного километра, нагревается солнцем. Горячий воздух из «парника» устремляется в трубу высотой в несколько сотен метров, установленную в центре «парника», и вращает турбину генератора тока, встроенную в эту «каминную» трубу. Чтобы станция работала и ночью, в «парнике» размещена

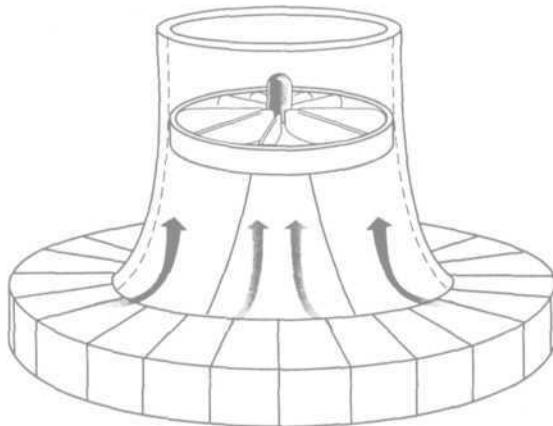


Рис. 8.5. Электростанция Дьюбо-Шляиха

замкнутая теплонакопительная система из труб, заполненных водой. Теплый воздух от этих труб и будет вращать турбину генератора ночью.

В этой идеи, как и во всяком большом инженерном замысле, работают, конечно, все виды ресурсов. Но первым среди равных является энергетический ресурс системы. Действительно, суть идеи составляет использование энергии солнечных лучей, падающих на Землю, затем энергии восходящего нагретого воздуха и, наконец, преобразование механической энергии вращения турбины в электрическую.

Все упомянутые в примерах ресурсы можно разделить на две группы (рис. 8.6). Системо-технические ресурсы являются как бы абстрактными, подразумевающими, как модель. Физико-технические ресурсы присутствуют в системе более наглядно в виде временных параметров ее работы, геометрических форм, конкретных материалов и применяемых видов энергии. Что бы ни изобреталось с доминированием того или иного системо-технического ресурса, практическая реализация идеи всегда осуществляется на основе изменения физико-технических ресурсов. Идея становится реальностью только в материале.



Рис. 8.6. Виды ресурсов

Несмотря на условность введенного разделения ресурсов на виды и группы, это весьма полезная дифференциация, которая помогает выделить доминирующие аспекты проблемы и решения. Так, при исследовании проблемы нужно стремиться понять, какой именно ресурс является причиной конфликта, или какого ресурса, возможно, не хватает в системе и почему. Возможно, что ресурс исчерпан, а может быть, плохо и неэффективно используется. Рас-

смотренные выше виды ресурсов представлены в классификационной таблице на рис. 8.7.

СИСТЕМО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ			
СИСТЕМНЫЕ	ИНФОРМАЦИОННЫЕ	ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ	СТРУКТУРНЫЕ
Относящиеся к общесистемным свойствам	Относящиеся к передаче сигналов, несущих сообщения	Относящиеся к созданию функций	Относящиеся к составу объекта
Эффективность, производительность, надежность, безопасность, живучесть, долговечность и другие	Достоверность, помехоустойчивость, точность, полнота, методы и эффективность кодирования, способы и параметры сжатия данных и т. п.	Назначение (главная полезная функция), вспомогательные функции, негативные функции, описание принципа действия (функциональная модель)	Перечень компонентов и связей между компонентами, виды структур (линейные, разветвляющиеся, параллельные замкнутые и т. п.)
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ			
ВРЕМЕННЫЕ	ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ	ВЕЩЕСТВЕННЫЕ	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
Относящиеся к оценкам времени	Относящиеся к геометрическим свойствам	Относящиеся к свойствам материалов	Относящиеся к свойствам энергии и ее проявлений
Частота событий, длительность интервалов времени, упорядочение событий во времени, величина запаздывания/опережения	Форма объекта, размеры — длина, ширина, высота, диаметр и т. д., особенности формы — наличие пустот, наличие выступов и т. д.	Химические состав, физические свойства, специальные инженерно-технические свойства	Виды применяемой и учитываемой энергии, включая механические силы, гравитационные, тепловые, электромагнитные и т. д.

Рис. 8.7. Классификация ресурсов

Определенную осторожность и практичность следует проявлять при необходимости введения в решение новых ресурсов. Лучшее решение для действующих систем состоит в минимальных изменениях. Поэтому в ТРИЗ были выработаны некоторые практические рекомендации, представленные в таблице на рис. 8.8. Всегда предпочтительнее выбирать ресурс со свойством, соответствующим первому (крайнему слева) значению.

Свойства ресурса	Ценность: бесплатный → недорогой → дорогой
	Качество: вредный → нейтральный → полезный
	Количество: неограниченный → достаточный → недостаточный
	Готовность к применению: готовый → изменяемый → создаваемый

Рис. 8.8. Рекомендации по выбору ресурсов

И в заключение этого раздела приведем небольшие учебные задачи на прямое применение ресурсов из архива классической ТРИЗ.

Пример 23. Как увидеть сквозняки в здании. В больших строящихся и построенных зданиях (склады, заводские цеха) иногда возникают сильные сквозняки из-за соединения потоков воздуха, проникающих через недостроенные проемы в стенах или через недостаточные уплотнения в вентиляционных системах, трубопроводах и в других местах. Для того, чтобы точнее и быстрее определить источники и пути сквозняков, предложено использовать... мыльные пузыри, генерируемые специальной несложной установкой. Тысячи летящих шариков делают сквознячные потоки видимыми! Использованы: вещественный ресурс — мыльная пленка служит достаточно прочной оболочкой для находящегося в ней воздуха; энергетический ресурс — более теплый воздух в мыльном шарике создает подъемную силу.

Пример 24. Кокосовые пальмы. Для того, чтобы забраться на 20-метровую или еще более высокую кокосовую пальму, требуется немалая сноровка и опыт. Возиться с веревками и лестницами неудобно. Вот если бы каждая пальма сама имела ступеньки наподобие лестницы! Во многих регионах, добывающих кокосовый орех, на растущих новых пальмах делают небольшие зарубки, которые пальме не вредят. Когда пальма вырастает, на ней и получается готовая лестница! Предусмотрительные добывчики использовали ресурс времени (лестница сама росла вместе по мере роста пальмы!) и, разумеется, ресурс пространства (форма ступенек на стволе пальмы).

Пример 25. Лампочка для Лунохода. Рассказывают, что для прожектора первого самоходного аппарата на Луне, называемого Луноходом, в конструкторском бюро под Москвой никак не могли подобрать прочный материал для защитного стекла. Зная, что на Луне практически идеальный вакуум, из фары прожектора откачивали воздух, но фара не выдерживала атомосферного давления и взрывалась. Если же в фару вводили инертный газ, тогда фара взрывалась в вакууме. Так продолжалось до тех пор, пока кто-то не обратил внимание на то, что нить накала фары не требует защиты на Луне, так как там есть тот самый вакуум, который и требуется для нормального горения нити накала! А стеклянная оболочка нужна только для защиты нити от механических повреждений и для фокусировки света. Изобретательный сотрудник использовал готовый вещественный ресурс космического вакуума на Луне (вещество, которого нет!).

Пример 26. Вода в воде. Во многих странах Африки и Аравийского полуострова острой проблемой является добыча и хранение пресной воды, в том числе собираемой во время дождей. Требуемые для этого хранилища могли бы представлять собой огромные строения, требующие к тому же охлаждения. Шведский инженер Карл Дункерс предложил хранить воду... в море! Для этого он предложил создать в море плавающие хранилища в виде гигантских цилиндров без дна и крышки, поддерживаемых на плаву с помощью pontонов. В эти pontоны пресная вода могла бы попадать прямо во время дождя и оставаться там до откачки с помощью береговых насосов. Такие хранилища можно транспортировать на тысячи километров, так как — и это самое главное —

пресная вода, обладая меньшей плотностью, сама будет оставаться над морской водой и не смешиваться с ней! В развитие этой идеи можно добавить лишь, что такое хранилище, снабженное крышкой, могло бы путешествовать, например, до Антарктиды и обратно. В Антарктиде само хранилище могло бы захватывать небольшой пресноводный айсберг и транспортировать его в жаркие широты. Во время транспортировки айсберг служил бы указанной выше крышкой и постепенно таял до полного заполнения хранилища пресной водой. В этих идеях доминирующим ресурсом является вещественный и, в значительной мере, энергетический (использование все того же закона Архимеда, по которому пресная вода сама должна плавать поверх морской воды, не опускаясь вниз и не смешиваясь с соленой водой!).

Характерным для создания идей в примерах 15–26 является использование тех или иных доминирующих ресурсов. Поэтому нередко для решения проблемы достаточно правильно выделить конфликтующий или недостаточный ресурс, чтобы усилить именно его и уже только за счет этого получить оригинальное решение.

Однако более сложные проблемы требуют и более глубокого исследования и трансформаций, сразу существенно затрагивающих несколько ресурсов. Здесь не обойтись без исследования противоречий, без применения ТРИЗ-моделей трансформации и без знания физико-технических эффектов.

9. От существующего к возникающему

9.1. Противоречия

9.1.1. Понятие противоречия. Великий Гете проницательно заметил: говорят, что истина лежит между крайними мнениями... нет, между крайностями лежит проблема!

Многие философы и многие исследователи методов творчества замечали, что противоречие есть суть проблемы, но никто до Г. Альтшуллера не превратил это понятие в универсальный ключ для раскрытия и разрешения самой проблемы! Только в ТРИЗ с 1956 года противоречие начало «работать» как фундаментальная модель, открывающая весь процесс решения проблемы. Только в ТРИЗ в дальнейшем противоречие стало конструктивной моделью, оснащенной инструментами для трансформации этой модели с целью устранения самого противоречия.

Изобрести означает устраниить противоречие!

Существует немало возможностей для определения и представления моделей противоречий. Однако здесь мы представим только те определения, которые в большей мере соответствуют основам классической ТРИЗ. Хотя в других, расширенных курсах, мы рассматриваем и другие как производные, так и оригинальные модели.

Противоречие — модель системного конфликта, отражающая несовместимые требования к функциональным свойствам конфликтно-взаимодействующих компонентов.

Бинарная модель противоречия (упрощенно, бинарная модель или бинарное противоречие — рис. 9.1) моделирует конфликт несовместимости только между двумя факторами (свойствами).

Композиция бинарных моделей — совокупность взаимосвязанных бинарных противоречий, построенная для описания многофакторного конфликта.

Любые запутанные многофакторные конфликты можно представить в виде композиции бинарных моделей. А затем находить главное, ключевое бинарное противоречие, решение которого является необходимым условием разрешения многофакторной модели.

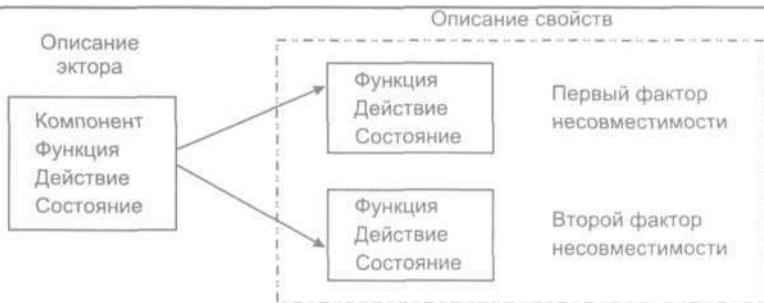


Рис. 9.1. Обобщенная графическая форма представления бинарных противоречий

Можно выделить два важнейших случая несовместимости:

- 1) один из факторов соответствует и содействует главной полезной функции системы (позитивный фактор или плюс-фактор), другой фактор не соответствует и противодействует этой функции (негативный фактор или минус-фактор);
- 2) оба фактора являются позитивными, но мешают реализации друг друга, так как конфликтуют из-за какого-то ресурса, в котором они оба нуждаются, но не могут одновременно или в нужном объеме использовать этот ресурс.

Решение противоречия означает устранение имеющейся несовместимости.

Именно несовместимость, кажущаяся или реальная (физически обусловленная) и ведущая к снижению эффективности функционирования системы или вовсе к невозможности реализации главной полезной функции, отражается в противоречии.

Если имеющаяся несовместимость не может быть устранена очевидным способом, это делает ситуацию проблемной, сложной для разрешения (см. рис. 7.4 и 7.5). Решение проблемы требует в таких ситуациях реализации нетривиальных трансформаций, часто поражающих неожиданностью идеи и дающих совершенно ошеломляющий эффект.

Действительно, легко ли представить себе дом, всплывающий при наводнении? Или замороженную ликерную бутылочку, обтекаемую горячим шоколадом? Или даже лед, уложенный вокруг основания пальмы?!

Самолеты с вертикальным взлетом прошли через сотни аварий, прежде чем стала ясна неприемлемость (более того — ненужность!) вертикальной ориентации корпуса самолета. Впустую растратены финансовые, материальные и интеллектуальные ресурсы. А как оценить гибель людей? Исходное административно-стратегическое представление об обязательной вертикальной ориентации корпуса самолета оказалось примитивной ошибкой! Технически было проще и эффективнее реализовать самолет с нормальной горизонтальной ориентацией корпуса, но с введением в конструкцию динамизации. Динамизация устранила исходное противоречие! Это нужно было закладывать в концепцию самолета до проектирования! На стратегическом уровне создания поной

технической функции! Это означает, что и административно-стратегическое решение нужно было принимать на основе перевода проблемы на тактическо-технический и оперативно-физический уровни.

Насчитываются на так уж много видов противоречий, например, технико-экономические (техническое свойство — стоимость), технико-технологические (техническая свойство — сложность производства), технические (несовместимость функций), физические (несовместимость состояний одного свойства) и некоторые другие или комбинации из указанных. Первые два вида, как правило, имеют характер административных противоречий. Для их решения нужно переводить противоречия на уровень технических или физических, на которые и ориентирован инструментарий классической ТРИЗ.

Полезно учитывать некоторые особенности образования противоречий (рис. 9.1). Так, для каждого противоречия могут быть построены инверсная модель или альтернативные варианты, более или менее близкие по значению факторов к исходному (прямому) противоречию. Конструктивные альтернативные варианты возникают, когда конфликтуют несколько свойств объекта. Это явление можно использовать для комбинирования приемов, ориентированных для решения отдельных альтернативных противоречий (см. например, раздел 9.4. Интеграции альтернативных противоречий — метод CICO). Альтернативные варианты возникают часто из-за различного описания одних и тех же конфликтующих свойств разными специалистами. Это иногда оказывается причиной непонимания и дискуссий в команде, решающей одну и ту же проблему. Последующее применение А-Матрицы или таблицы фундаментальных трансформаций помогает сократить вариабельность моделей.

Модели противоречий могут включать свойства разных системных уровней. Например, оба свойства могут быть одного уровня, или одно свойство может быть физико-техническим, а другое — системо-техническим. Для ориентации можно использовать таблицу видов ресурсов (рис. 8.7).



Рис. 9.2. Типы моделей противоречий

Мы переходим к более подробному рассмотрению моделей противоречий с учетом следующих двух замечаний:

- 1) точная формулировка противоречия является непростой операцией и требует немалого опыта и, разумеется, необходимых профессиональных знаний. От того, как именно сформулировано противоречие, что оно отражает, зависит весь дальнейший ход решения проблемы;

- 2) противоречия разных видов могут быть представлены иерархически в виде «матрёшки противоречий»: в любом административном противоречии содержится техническое противоречие, а в техническом — физическое.

9.1.2. Техническое противоречие. Явно сформулированные модели технических противоречий Вы уже встречали при реинвентинге в примерах 4, 6, 13 и 14. Полезно посмотреть их сейчас снова, чтобы более уверенно и с полным пониманием акцептировать следующее определение:

Техническое противоречие — бинарная модель, отражающая несовместимые требования к различным функциональным свойствам компонента или нескольких конфликтно-взаимодействующих компонентов.

Пример 4 (дополнение). Действительно, здесь имело место следующее исходное противоречие (рис. 9.3):



При создании решения сначала действовала сильнейшая негативная психологическая инерция, не позволившая ввести динамизацию в конструкцию самолета. Считалось, что самолет нельзя изменять, а вот его ориентацию при старте и посадке — можно. И что реактивный самолет с вертикальным стартом и посадкой и должен взлетать носом вверх, а садиться на хвост! Только спустя много лет были признаны доминирующая значимость хорошего контроля и управления самолетом и возможность обеспечения горизонтальной ориентации корпуса самолета! Продолжая учебный реинвентинг, устанавливаем, что целевым плюс-фактором должно стать удобное управление самолетом (системо-технический ресурс), а ориентация корпуса самолета (физико-технический ресурс) становится проблемным минус-фактором. То есть мы переходим к инверсному противоречию (рис. 9.4):



Рис. 9.4. Инверсная модель бинарного противоречия для примера 4

Редукция инверсной исходной модели на основании А-Матрицы дает следующую модель противоречия (рис. 9.5):

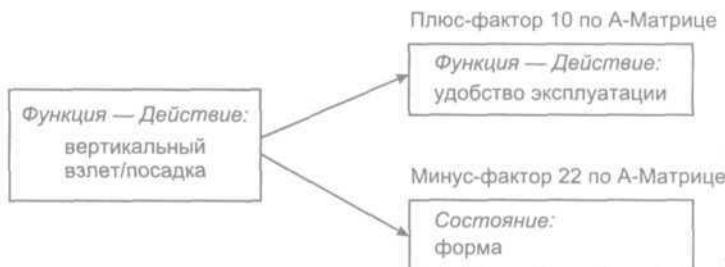


Рис. 9.5. Редуцированная модель инверсного противоречия для примера 4

А-Матрица рекомендует рассмотреть следующие приемы: 04 Замена механической среды; 07 Динамизация; 14 Использование пневмо- и гидроконструкций и 15 Отброс и регенерация частей.

Как Вы уже видели, именно прием 07 Динамизация и привел в конце концов к решению проблемы. Следует отметить, что были попытки применения и приема 15 Отброс и регенерация частей — установка сбрасываемых ускоряющих двигателей для старта.

Пример 27. Тренажер-стойка в фитнес-центре (начало). Диагностика показывает, что в фитнес-центре находится немало специализированных тренажеров. Каждый из них занимает отдельное место. Особенно, тренажеры для упражнений лежа. Тренажеры для упражнений стоя требуют меньше места. В целом площадь желательно экономить, чтобы больше посетителей могло тренироваться. Отдельный тренажер можно рассматривать как главный элемент оперативной зоны, а потом, по возможности, идею решения перенести на другие тренажеры. Можно сформулировать исходное техническое противоречие: конструкция тренажера должна обеспечивать тренировку нескольких посетителей (плюс-фактор), но при этом значительно увеличивается занимаемая площадь (минус-фактор).

Пример 28. Виброударное забивание свай (начало). Диагностика показывает, что ударное забивание свай (пример 14 с продолжениями) все же дает большой процент брака и не позволяет достичь более высокой производительности. Предлагается расширить объем оперативной зоны до объема всей сваи и рассмотреть другие возможные способы создания рабочего движения сваи. Здесь явно присутствует конфликт между системными и физическими свойствами, который можно представить в виде технического противоречия: движение сваи нужно ускорить, но при этом увеличивается влияние разрушающих вредных факторов и уменьшается надежность операции.

Пример 29. Вывод группы спутников на точные орбиты (начало). На этапе Диагностики было установлено, что вывод группы спутников на точные орбиты или их расстановку на одной орбите на определенных расстояниях один за другим трудно обеспечить при ракетной транспортировке. Это отражается в следующем техническом противоречии: вывод группы спутников ракетой с за-

данной точностью требует создания чрезвычайно сложных систем запуска и управления.

Пример 30. Лекционная доска (начало). Диагностика процесса чтения лекции с применением традиционной доски с мелом показывает, что этот процесс обеспечивает возможность создания произвольных изображений и прост в реализации, но имеет невысокую производительность, особенно, при необходимости показать готовые сложные иллюстрации из каких-либо книг или из баз данных CAD. Кроме того, такой подход неудобен для перенесения информации с лекционной доски в компьютер, например, для проведения интернет-лекций. Приходится использовать телевизионную считывающую камеру и передавать изображение с доски, после чего учащиеся перерисовывают картинки с экранов телевизоров или компьютерных мониторов. Изображение снимается и передается в аналоговой форме, то есть попросту идет аналоговая панорамная съемка всей доски.

Учитывая многофакторный характер задачи, можно сформулировать несколько альтернативных технических противоречий, взаимодополняющих друг друга. Итак, рисование на доске имеет следующие позитивные свойства: простота конструкции и возможность изображения любых рисунков. Недостатки: низкая производительность рисования, особенно при вводе сложных рисунков. отсутствие автоматизации рисования, избыточность передачи и сложность перерисовывания видеинформации, переданной на основе телевизионной технологии, неудобство эксплуатации (использование мела или фломастеров, пачкающих руки, сложность исправления и невозможность перемещения рисунков — только вместе со всей доской или флип-чартами).

Не кажется ли Вам, что после такой диагностики приступать к решению проблемы усовершенствования лекционной доски еще рано?! Во-первых, слишком много противоречий и они никак не упорядочены, во-вторых, нет цели в виде главной полезной функции и ожидаемой идеальной функциональной модели, и в-третьих, не ясны доступные или допустимые ресурсы.

Но все же сами противоречия присутствуют, а значит, есть работа для творческого ума.

Пример 31. Купол Рейхстага (начало). А теперь Вы сможете побывать в роли главного архитектора сэра Нормана Фостера, предложившего великолепные идеи для реставрации в Берлине здания парламента Германии (рис. 9.6).

Идея «Номер Один» — и по архитектурно-технической гармонии, и по символичности, — это стеклянный купол как элемент системы естественною освещения главного внутреннего зала заседаний и как самое достопримечательное место в Берлине наподобие Эйфелевой башни в Париже, Биг Бена и Вестминстерского аббатства в Лондоне или Статуи Свободы в Нью-Йорке. Впрочем, о более значительной и глубокой символичности купола я пишу в конце книги.

Итак, первая задача о куполе. По внутренней стороне полусферы купола устроен пандус для подъема посетителей на верхнюю смотровую площадку. Как устроить пандус таким образом, чтобы потоки посетителей, идущих вверх и вниз, не встречались?!



Рис. 9.6. Здание Парламента Германии в Берлине (Рейхстаг)

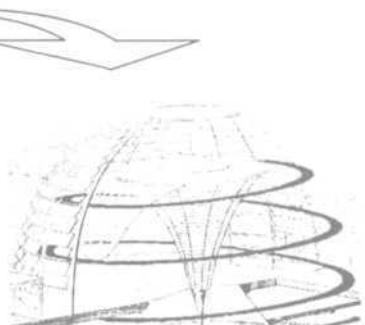


Рис. 9.7. Возможный вариант пандуса на куполе

Действительно, если бы пандус был устроен так, как показано на рис. 9.7, то потоки посетителей шли бы друг другу навстречу. В таком «проекте» неизбежно появилось бы острое техническое противоречие: пандус имеет такую форму, при которой возникают встречные потоки посетителей при подъеме и спуске, что приводит к потерям времени и неудобствам. Нужно найти более оптимальную форму пандуса.

На этом мы завершаем примеры построения исходных, ориентировочных технических противоречий в том виде, как это обычно происходит на практике на этапе Диагностика. Настоящее направленное решение задач начинается с уточнения моделей противоречий на этапе Редукция, продолжается устранением противоречий на этапе Трансформация и завершается на этапе Верификация. Попробуйте получить решения самостоятельно и сравнить с контрольными ответами, приведенными ниже в разделе 9.3. Трансформация.

9.1.3. Физическое противоречие. Явно сформулированные модели физических противоречий Вы уже встречали при реинвентинге в примерах 1, 2, 3, 5, 7, 10, 11, 13 и 14. Приведем следующее определение:

Физическое противоречие — бинарная модель, отражающая несовместимые требования к одному и тому же функциональному свойству.

Сложность разрешения этого противоречия часто определяется тем, что оба конфликтующих состояния могут быть необходимы для реализации главной полезной функции системы.

Феномен непревзойденной полезности бинарного физического противоречия состоит в следующем:

- 1) поскольку все решения осуществляются в конечном итоге посредством реальных физических трансформаций реальных физических объектов, то есть изменением их материала, формы, процессов и так далее, поскольку физическое противоречие выполняет практическую навигационную функцию — ориентирует на реализацию в объекте таких трансформаций, при которых в центре внимания остаются полезные целевые факторы;

- 2) поскольку сегодня хорошо известны фундаментальные способы разрешения физических противоречий (см. раздел 10. Модели решения физических противоречий), постольку физическое противоречие эффективно выполняет ограничивающую функцию при формировании идеи решения, исключая нерациональный поиск вне фундаментальных трансформаций.

Рассмотрим еще раз формулировку и разрешение физического противоречия при реинвентинге пера автоматической чернильной ручки по примеру 1. В наиболее острой форме физическое противоречие для гусиного пера выглядит так: на кончике пера чернил должно быть много и не должно быть совсем! Понятно, что без дополнительного анализа и «анатомирования» противоречия задачу быстро не решить! Но исследование должно идти строго по четырем физическим аспектам: пространство, время, структура и вещество. В конце концов так оно и происходило в истории пера. Но этот опыт до ТРИЗ не был исследован, не был аккумулирован и обобщен. Разрешение физического противоречия произошло по всем аспектам (рис. 9.8).

Фундаментальные аспекты	Разделение несовместимых свойств	
	Было	Стало
Пространство	Объем чернил для письма находился на пере; поэтому сначала могли образовываться кляксы, а вскоре чернила высыхали, и нужно было снова обмакивать перо в чернильницу. Запас чернил вынесен за пределы ручки	Объем чернил для письма практически неизменный и находится в пере. Запас чернил находится в ручке в специальной полости, из которой чернила поступают в перо по мере надобности
Время	Время хранения чернил на пере определяет (ограничивает) время письма несколькими минутами, и эти интервалы времени совпадают	Время хранения чернил в ручке в сотни раз больше времени хранения чернил на гусином пере. Это время может многократно превышать суммарное время письма, а при непрерывном письме запас чернил в ручке хватает на несколько часов. <i>Чернила поступают в перо только во время письма и не поступают, когда на перо нет нажатия</i>
Структура	Количество чернил «в ручке» равно количеству чернил на пере	Количество чернил в части системы (в пере) небольшое, а в системе в целом — большое
Вещество	Острье пера цельное, жесткое. Чернила свободно стекают по поверхности пера	Острье пера разделено на две части с образованием щели, по которой проходят чернила. Щель динамизирована и раскрывается больше или меньше в зависимости от силы нажатия на перо

Рис. 9.8. Разрешение физического противоречия

Пример 32. Разделительный барьер (начало). На рис. 9.9,а показан разделительный барьер для задания направления и ширины прохода для временной очереди, например, для посетителей выставки. Конструкция этого барьера неустойчива, и барьер может падать, когда посетители опираются на него. Поэтому основание барьера делают более широким, а сам барьер укрепляют на-

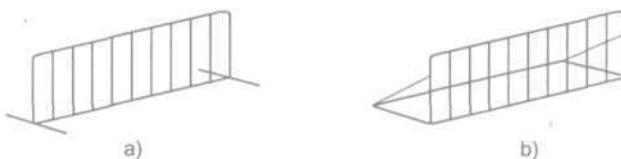


Рис. 9.9. Исходные конструкции разделительного барьера

клонным раскосом (рис. 9.9,б). Но и эта конструкция имеет существенный недостаток — она легко сдвигается в сторону, особенно на каменном или асфальтовом покрытии.

Физическое противоречие: барьер должен быть широким в основании, чтобы его трудно было сдвинуть, и должен быть узким (для удобства транспортировки, монтажа и демонтажа).

Пример 33. Реакция водителя автомобиля (начало). Известно, что алкоголь снижает скорость реакции автомобилиста на изменение дорожной ситуации. Однако, немало водителей считают, что это не относится к ним. И к сожалению, повторяют чужие ошибки, нередко трагические и непоправимые. Как убедить водителя в реальной и большой опасности, ожидающей его при попытке управления автомобилем после принятия алкоголя? Мы имеем дело с острым физическим (и кстати, этическим тоже) противоречием: водитель должен быть пьян, чтобы в управлении автомобилем произошли изменения, и водитель не должен быть пьян, чтобы не создавалось реальной опасности для него и окружающих. Как преодолеть это противоречие?

Пример 34. Свая (начало последнего примера, связанного со сваями). Забивание сваи все же имеет неустранимый недостаток, являющийся прямым следствием применяемого принципа ударного воздействия на сваю для перемещения в грунт. Следует отметить также, что процесс забивания свай потребляет много энергии. Причем значительная часть этой энергии расходуется на... разрушение самой сваи. Процессу присуще острое физическое противоречие: сваю нужно забивать, чтобы она вошла в грунт, и сваю нельзя забивать, чтобы она не разрушалась. Можете ли Вы предложить новую «неразрушающую» технологию забивания свай?

Пример 35. Ремонт трубопровода (начало). Лопнула труба водопровода! Нужно произвести срочный ремонт, но вода, поступающая под большим напором, не лает закрепить накладку или произвести сварку трещины или разрыва. Пере-крывать воду во всей системе водоснабжения по ряду причин также нецелесо-образно. Острая аварийная ситуация: воду нужно остановить, чтобы произве-сти ремонт трубы, и воду нельзя останавливать по внешним причинам.

Пример 36. Лекционная доска (обострение проблемной ситуации по примеру 30). Технические противоречия, сформулированные выше в примере 30, можно обобщить в виде физического противоречия: доска должна быть, чтобы на ней было изображение иллюстраций к лекции, и доски не должно быть, чтобы на ней вообще не надо было рисовать. Интересно, Вы увидели решение или, наоборот, окончательно потеряли предчувствие возможности решения? Не спешите, вдумайтесь в «несовместимые» альтернативы этой модели!

Пример 37. Купол Рейхстага (обострение проблемной ситуации по примеру 31). Физическое противоречие, присущее конструкции, показанной на рис. 9.7, может звучать, например, следующим образом: посетители должны спускаться вниз, покидая смотровую площадку, и не должны спускаться, чтобы не мешать поднимающимся посетителям. В такой формулировке присутствует, конечно, доля шутки, хотя задача проектирования конструкции для подъема и спуска посетителей купола вполне реальная. Кроме того, я хотел показать, что на практике могут возникать в том числе и такие «несерьезные» формулировки. Этого не следует ни избегать, ни бояться. Это иногда даже помогает решить задачу проще, именно без «звериной серьезности», как говорил Нильс Бор (63). Что мы и увидим, я надеюсь, ниже в разделе 9.3. Редукция и трансформации.

Итак, если Вы не были знакомы с ТРИЗ ранее, то будем считать, что Вы приобрели первый опыт концентрации на моделировании проблемы в виде противоречий — технического и физического. Я надеюсь, что приведенных примеров достаточно также, чтобы Вы заметили и существенную разницу между техническими и физическими противоречиями при моделировании одной и той же проблемной ситуации. Для самопроверки Вам будет полезно самостоятельно решить все задачи из Практикума 6—9 после раздела 9.3 Редукция и трансформации.

9.2. Функциональное идеальное моделирование

Психологи и нейрофизиологи, действуя на разных уровнях, вместе открыли немало тайн в устройстве и работе мозга. Но никто пока не открыл истоки гениальности в мышлении! Истоки устремленности к созиданию! Доминанты и императивы веры, любви, надежды и добра! Хотя, к счастью, они существуют в нас сами по себе в соответствии с еще более могущественными принципами устройства Вселенной.

Поэтому и мы приводим лишь весьма упрощенную схему, поверхностно отображающую не сам процесс изобретения новой идеи, а лишь компоненты, со действующие процессу мышления по ТРИЗ (рис. 9.10). Эта схема отличается от приведенной ранее на рис. R3 тем, что в ней учтены совершенно необходимые индивидуальные аспекты мышления.

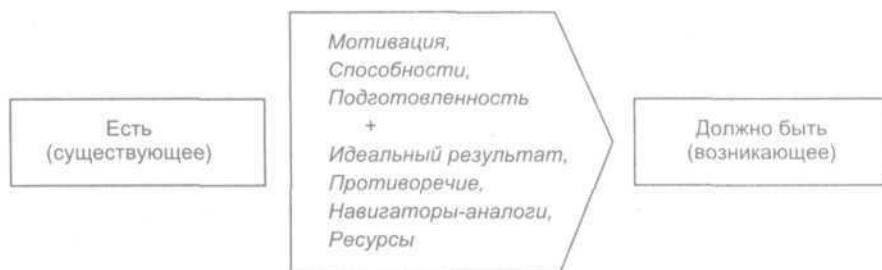


Рис. 9.10. Важнейшие аспекты ТРИЗ-решения проблемы

⁶³ Нильс Бор (1885—1962) — выдающийся датский физик, создатель квантовой теории атома и атомного ядра, лауреат Нобелевской премии 1922 года.

Необходимыми условиями для успешного решения проблем являются:

- сильная позитивная мотивация, решительность, настойчивость (воля) при стремлении к цели;
- определенные способности к ассоциативному мышлению, память, воображение, наблюдательность, объективность, гибкость (способность преодолевать инерционность мышления);
- профессиональные знания и владение ТРИЗ/CROST-технологией.

В этом Мире все стремятся к идеальному! В том виде, как каждый себе это представляет. Но путь к этой цели часто не очевиден и почти всегда не прост! Более того, сами поиски и выбор цели, которая достойна того, чтобы неустанно стремиться к ней, тоже не простая проблема почти для каждого из нас. Зная это, мы начнем обсуждение темы «идеального моделирования», может быть, самой сложной темы в ТРИЗ, именно с простых и почти очевидных примеров. Сначала рассмотрим три первые задачи.

Пример 38. Ваза в музее. Часто в музеях ценные предметы устанавливаются в шкафах и нишах вдоль стен. При этом невозможно рассмотреть эти предметы сзади или снизу, что снижает познавательную и эстетическую ценность экспозиции. Что именно нас интересует здесь? Возможность видеть вазу со всех сторон и даже снизу, но не обходя вазу вокруг и не наклоняясь, чтобы заглянуть под полку! Тем более, что обойти вазу нельзя, так как она стоит у стены, а полка не прозрачная! Но тогда давайте потребуем нереального (пока!): пусть стена и полка сами покажут нам вазу со всех сторон! Именно таким постановкам ТРИЗ и рекомендует научиться! Это и есть создание целеориентирующей метафоры в виде «функциональной идеальной модели» — ФИМ. Да, это метафора, образ чего-то, что мы хотим получить. Но образ функциональный, содержащий конкретный ожидаемый результат. В классической ТРИЗ этот образ называется еще «идеальный конечный результат» — ИКР. Я почти уверен, что если не ранее, то сейчас, Вы уже нашли контрольное (известное) решение для достижения ФИМ или ИКР в этой задаче: нужно установить зеркала за вазой и под вазой! (Если Вам эта задача кажется слишком простой, а решение — слишком очевидным, то прошу Вас не быть слишком строгими к этому примеру. Он ведь учебный. Кстати, маленькое техническое осложнение Вы обнаружите при размещении зеркала под вазой. Устраните его самостоятельно. При этом можно поупражняться в применении Мета-АРИЗ. А если Вы не обнаружили это осложнение умозрительно, то поставьте какую-нибудь вазу в вашем доме на зеркало и попробуйте увидеть ее нижнюю часть. Вы непременно столкнетесь с этим осложнением.)

Пример 39. Киль яхты. Яхта устойчиво идет под парусами благодаря тому, что под ее днищем имеется киль — стабилизатор курса. При заходе яхты в мелководную гавань киль мешает подходить к причалу, так как задевает за дно. Что именно нас интересует здесь? Возможность свободно заходить на мелководье, не задевая килем-стабилизатором за дно. Сформулируем «административную» ФИМ: яхта свободно заходит на мелководье, глубина которого чуть больше ее осадки, то есть расстояния от уровня воды до самой нижней точки

днища яхты. Сформулируем «техническую» ФИМ: на мелководье киля у яхты нет. Действительно, не можем же мы потребовать, чтобы неглубокое место стало вдруг глубоким. (Хотя в иных случаях и такие метафоры не исключаются!) Но киль есть там, где глубоко и можно идти с большой скоростью. Явное физическое противоречие! Мы уже видели способы его разрешения. И мы видим также явную несовместимость в пространстве (малая глубина — большая глубина) и в структуре (киль есть — киля нет). Следовательно, эти ресурсы являются критическими в задаче и будут доминирующими в решении. Вы, скорее всего, уже определили основную идею: киль яхты нужно динанизировать — он должен быть сделан поднимающимся и опускающимся. Вместе с тем, технически осуществить это не так просто. В центре яхте приходится создавать специальный вертикальный проем, иногда открытый (рис. 9.8), что в целом не способствует сохранению прочности всего корпуса, так как килевая нижняя балка служит настоящим «позвоночником» для яхты, а здесь приходится создавать в нем большой продольный разрез. В другом варианте два подъемных киля-стабилизатора устанавливают по бортам яхты, что усложняет управление ими и может оказаться на быстроходности. И хотя яхты прошли большой многовековой путь развития, здесь кроется еще не одна изобретательская тема!

Пример 40. Токосъемник трамвая. Токосъемник трамвая часто имеет форму дуги, верхняя часть которой ориентирована поперек провода, по которому к трамваю подается электроэнергия. Дуга подпружинена и постоянно прижимается к проводу. Дуга имеет форму, которая позволяет сохранять надежный контакт с проводом на поворотах, однако на прямых участках провод постепенно прорезает в дуге углубления. Это может приводить к зацеплению и обрыву провода. Как уменьшить или даже устранить эту проблему?

Что именно нас интересует здесь? Поскольку мы не можем исключить непосредственный контакт провода с дугой токосъемника, то хотя бы потребуем реализации ИКР: провод не режет дугу в одном и том же месте. Мы еще не знаем, как мы добьемся этого ИКР, но так должно быть! Вполне логично переформулировать исходную метафору следующим образом: пусть провод касается дуги не в одном месте, а во многих местах вдоль дуги, примерно так, как это происходит на повороте! Отсюда уже один небольшой шаг к контрольному решению: над прямыми участками трамвайного пути контактный провод должен идти зигзагом, размах которого равен длине контактной части дуги (рис. 9.9). Конечно, это удорожает конструкцию подвески провода, но увеличивает срок службы дуги и исключает возможность обрыва провода дефектной дугой по старому варианту.

Во всех рассмотренных случаях решение было получено практически только на основе точной формулировки функциональной идеальной модели либо идеального конечного результата. Действительно, иногда достаточно правильно сформулировать цель решения задачи, как сама эта цель подсказывает идею решения. В рассмотренных примерах оказалось достаточным поставить ФИМ или ИКР в центр внимания, как необходимые ресурсы открылись практически сами. В отличие от этих примеров, реальные проблемы совсем на так просты. Но при решении всех без исключения проблем формирование пра-

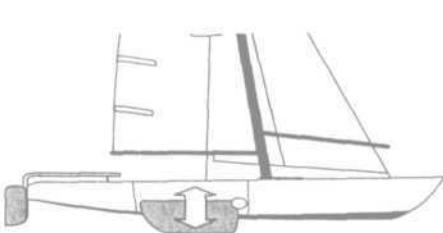


Рис. 9.11. Яхта с центральным килем-стабилизатором

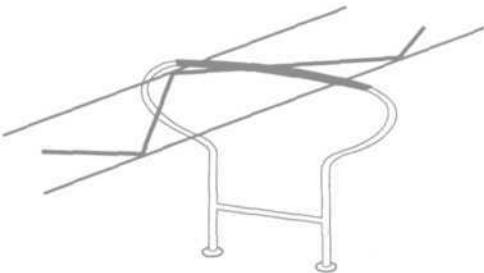


Рис. 9.12. Зигзагообразный контактный провод

вильной функциональной идеальной модели играет исключительно важную роль. ФИМ и ИКР мотивируют творческое мышление и направляют его в область существования эффективных решений.

Более глубокие системо-технические принципы формирования ФИМ и ИКР будут рассмотрены в главе 14. Управление развитием систем. Здесь же мы будем опираться в основном на интуитивное формирование «идеального» функционирования объекта при решении проблем.

Приведем основные определения в современной редакции.

Идеальный конечный результат ИКР — требуемое или желаемое состояние объекта.

Функциональная идеальная модель ФИМ — образ, гипотеза, метафора, содержащие представление о том, как должен функционировать объект, чтобы достичь ИКР.

Можно отметить, что чаще формулируют ФИМ, так как она дает больше информации о том, как должен функционировать объект после изменений. При этом ИКР оказывается как бы спрятанным в ФИМ, заданным неявно.

В зависимости от того, на что направлен ИКР, различают два типа ФИМ:

ФИМ-минус: описание (цель, требование, условие, процесс) желаемого функционирования минус негативные явления, вызывавшие противоречие;

ФИМ-плюс: описание (цель, требование, условие, процесс) желаемого функционирования плюс действия или ресурсы, ведущие к «самоустраниению» противоречия.

Модель ФИМ-минус строят чаще при первых обсуждениях проблемы. Модель ФИМ-плюс более конструктивна и включает в себя ФИМ-минус в неявном виде. Для построения ФИМ-плюс применяются классические формулировки. Но все они исходят из того, что решение может быть получено только на основе изменения имеющихся и/или введения дополнительных ресурсов.

Чем ближе описание ФИМ к реальности, тем лучше. Но дело как раз в том, что мы не можем точно описать, как достичь ФИМ или ИКР, и избегаем формулировать их со свойствами, свободными от психологических ограниче-

ний. Для ослабления психологической инерции при формулировании ФИМ в ТРИЗ выработаны и проверены практикой в течение нескольких десятилетий следующие два правила:

- 1) не думать сначала о том, как именно и за счет чего будет получено решение;
- 2) неизвестный ресурс или действие, необходимые для получения результата, можно заместить временно метафорическим символом, например, X-ресурс.

Здесь ТРИЗ явно использует ТРИЗ-прием разрешения очевидного и острого «физического» противоречия, возникающего в нашем сознании: ресурс должен быть, чтобы решить проблему, и ресурса не должно быть, так как он просто не известен. ТРИЗ предлагает: заместите временно (разрешение несовместимости во времени) неизвестный ресурс его образом, то есть копией, пусть даже пока неясной (разрешение несовместимости в пространстве—веществе—энергии)!

Здесь также присутствует разрешение противоречия в структуре. Невозможное спряталось в «Х»! А в целом ФИМ уже выглядит возможной! Часть ФИМ содержит неизвестное, а вся ФИМ — известна! Наше сознание сделает невозможное возможным, и этому будет способствовать то, что вербально уже не выглядит невозможным! Итак, рассмотрим практические модели, точнее готовые формы для записи моделей ФИМ-плюс:

1. Макро-ФИМ:

Х-ресурс, не вызывая недопустимых негативных эффектов, обеспечивает имеете с другими имеющимися ресурсами получение

[требуемое функционирование].

2. Микро-ФИМ:

Х-ресурс в виде частиц вещества или энергии находится в оперативной зоне и обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами получение

[требуемое функционирование].

3. Макси-ФИМ:

Оперативная зона сама обеспечивает получение

[требуемое функционирование].

Здесь уместно привести два высказывания автора ТРИЗ Генриха Альтшуллера о роли функционального идеального моделирования в решении проблем.

Из книги (5): «Идеальный конечный результат можно уподобить веревке, держась за которую альпинист совершает подъем по крутым склону. Веревка не тянет верх, но она дает опору и не позволяет скатиться вниз. Достаточно выпустить веревку из рук — падение неизбежно.»

Из книги «Алгоритм изобретения» издания 1973 года: «Представьте себе, что некто зашел в тупик. И вот Вам предлагается пройти дальше по этому тупику

(чтобы найти выход — О.М.). Что и говорить — занятие малоцелесообразное! Надо поступить иначе: сначала отойти к исходной точке, а затем пойти в правильном направлении. К сожалению, задачи чаще всего формулируются так, что они настоятельно (хотя и незаметно) толкают в тупик.»

ИКР и **ФИМ** не дают решателю оставаться в тупике, куда заводит его психологическая инерция, и дают верный ориентир для выхода на сильное решение, каким бы невозможным оно ни казалось сначала!

Переходим к примерам.

Пример 41. Вездеход-неваляшка. Вездеходы, перевозящие крупногабаритные конструкции на больших уклонах и по бездорожью, должны иметь высокие колеса и большой клиренс (расстояние от нижней точки колеса до самой нижней точки днища). Но тогда центр тяжести вездехода поднимается, и увеличивается опасность того, что вездеход перевернется на неровной местности. Чтобы препятствовать этому, вездеход должен иметь центр тяжести как можно ниже. Сильное физическое противоречие! Сформулируем Макро-ФИМ:

Х-ресурс, не вызывая недопустимых негативных эффектов, обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами максимально низкое расположение центра тяжести вездехода.

Максимальная устойчивость обеспечивается при расположении центра тяжести... на земле! Как сделать так, чтобы центр тяжести вездехода стал максимально ближе к земле? Это должно быть какое-то Х-изменение в системе, при котором как можно больше веса частей системы находилось бы в самом низу. Но вездеход — плохо изменяемая конструкция. Самая легкая его часть — кабина — и так находится наверху, а такие части как двигатель и трансмиссия не могут опуститься ниже клиренса! Ниже клиренса находится только самая нижняя часть колес. Сами колеса очень большие и широкие, но они никак не влияют на клиренс. Как быть?

Если у Вас пока не возникло идеи, давайте определим оперативную зону. В качестве оперативной зоны целесообразно принять «площадку» касания земли колесами. Действительно, переворачивание начинается тогда, когда колеса с одной стороны вездехода отрываются от земли. Максимальное снижение центра тяжести как бы «прижимает» площадку к земле. Было бы замечательно, если бы передняя часть площадки в оперативной зоне была как бы «прижата» к земле, а давление на заднюю часть площадки уже «ослаблялось», чтобы эта часть начала подниматься вверх по катящемуся колесу. И все это должно происходить непрерывно по ходу колеса!

Сформулируем Микро-ФИМ:

Х-ресурс в виде частиц вещества или энергии находится в оперативной зоне и обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами максимальное прижатие передней части опорной площадки колеса к земле.

Как сделать это снаружи колеса — непонятно. Но мы обязаны рассмотреть ресурс оперативной зоны (площадки прижатия) и с внутренней стороны колеса! Пусть внутри колеса Х-частицы давят на переднюю часть площадки и не

давят на заднюю часть этой площадки! Такая идея и была запатентована в США: японский изобретатель предложил насыпать в колеса множество стальных шариков! При движении шарики все время перекатываются по внутренней поверхности колес и поддерживают существенно более низкое расположение центра тяжести вездехода (рис. 9.13).

Это чем-то напоминает известную куклу-неваляшку (рис. 9.14), в шаровидном основании которой приклеен кусочек металла, который полностью уравновешивает вес всей куклы. Поэтому она всегда встает на ровной поверхности в вертикальное положение!

Проведите верификацию полученного решения и проверьте, насколько идеально реализована ФИМ. Может быть, в реальности пришлось все же несколько отступить от «идеального» (совершенно бесплатного и не имеющего побочных негативных эффектов) решения и чем-то заплатить за достижение требуемого эффекта?

Пример 42. Зимние ботинки. Каким бы ни был рисунок подошвы или каблука в ботинках, в гололед это мало помогает. Если же подошвы снабдить шипами, то ходить в такой обуви в помещении будет нельзя. Можно, конечно, надевать на подошвы накладки с шипами, что и делают в северных местностях, но это делает обувь не очень красивой и в больших городах не принято (и напрасно!). Как быть? Сначала определим, чего мы хотим в оперативной зоне (подошва плюс каблук!) и попробуем сформулировать ФИМ для этой ситуации. Мы уже научились быстро формулировать физические противоречия, что обычно сложнее, чем формулировать технические. Включим физическое противоречие в следующую Макси-ФИМ:

оперативная зона сама обеспечивает появление шипов в гололед и отсутствие шипов при более высокой температуре.

Что может быть идеальнее, чем такое использование вещественного ресурса, как в следующем решении: в подошве и в каблуке встроить вертикальные стержни из металла с эффектом памяти формы?! При температуре ниже нуля стержень немного выдвигается и служит шипом против скольжения, а при температуре выше нуля стержень сжимается, и шип исчезает.

Пример 43. Столик для работы или приема пищи в постели. Обычный поднос или другой плоский лист (столик), например, из пластмассы, неудобно использовать для приема пищи или непродолжительной работы в постели. Столик наклоняется и скользит при малейшем неосторожном движении. В клиниках для этого чаще применяют специальные выдвижные плоскости или подкатываемые столики, находящиеся на удобной высоте над постелью. В до-

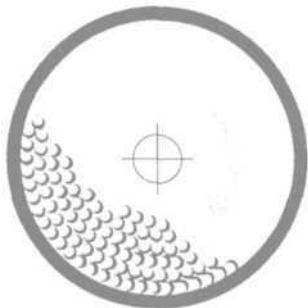


Рис. 9.13. Устройство колеса вездехода-неваляшки



Рис. 9.14. Кукла-неваляшка

машиных условиях для этого нужно что-то более простое. Техническая причина проблемы состоит в том, что плоская нижняя поверхность столика плохо согласована со сложной поверхностью нижней части тела человека, сидящего или полулежащего в постели. Запишем Микро-ФИМ:

Х-ресурс в виде частиц вещества в оперативной зоне обеспечивает максимальное согласование формы нижней части столика с формой тела человека.

Отсюда следует, что нижняя часть столика, по крайней мере, должна быть выполнена в виде динамизированной поверхности, легко приспосабливающейся к неровностям. Известное решение: снизу по всей поверхности столика прикреплена матерчатая оболочка, почти заполненная легкими пластмассовыми шариками. Достаточно установить такой столик на ноги больного, как оболочка плотно и надежно фиксируется.

Пример 44. Лестница мемориала. Архитектурное решение любого мемориала имеет целью эмоциональное воздействие на посетителей. Многие мемориалы имеют вид скульптурных композиций, установленных на естественных возвышенностях или искусственных холмах. Как сделать, чтобы поведение посетителей, особенно, юных и не всегда хорошо воспитанных, на пути к вершине холма было, по крайней мере, сдержаным? Вы уже заметили здесь явное административное противоречие, не так ли? Требуется ввести новую функцию, а именно, нужно, чтобы мемориал сам создавал «сдержанное» поведение посетителей, но как этого достичь, на первый взгляд не ясно.

В виде технического противоречия это может звучать, например, так: поток посетителей должен быть не быстрым и равномерно движущимся, но он имеет помехи в виде быстро движущихся посетителей. Оперативная зона: лестница. **Макси-ФИМ:** лестница сама ограничивает движение посетителей. Эта ФИМ нацеливает на решение только за счет внутренних ресурсов оперативной зоны, за счет конструкции самой лестницы. Нужна необычная лестница! Лестница, которая замедляет движение посетителей!

Контрольное решение: лестница имеет ступени разной высоты. Посетители вынуждены часто посматривать себе под ноги, и общее движение становится небыстрым, сдержанным.

Пример 45. Бутылочка с опасным веществом. Как сделать сильнодействующее лекарство недоступным для детей и легкодоступным для взрослых, даже если глоток лекарства нужно принять срочно и не зажигая света? В первом приближении определим оперативную зону как всю бутылку. Тогда **Макси-ФИМ** можно представить в виде следующего физического противоречия: бутылка сама обеспечивает защиту себя от детей и узнаваемость для взрослых!

Заметим, что в исходное требование входила различимость бутылки в темноте. Следовательно, речь может идти только об узнаваемости на ощупь, тактильном восприятии. Итак, в соответствии с **Макси-ФИМ** речь идет о форме бутылке. Форма одновременно должна нести позитивную информацию для взрослых и негативную информацию для детей.

Контрольное решение: на конкурсе в Англии выиграла идея «колючей» бутылки. По всей поверхности бутылки имеются достаточно острые шипы, которые не могут поранить, но делают бутылку неприятной для детей, привыкших играть с округлыми и/или мягкими игрушками.

И в заключение раздела о ФИМ мы можем сказать, что изобретательские задачи — это «многоходовки»! Поэтому и решать их надо соответствующими методами, с помощью разных ресурсов, то есть разных «фигур» в этой сложнейшей игре. При этом ФИМ ориентирует на бескомпромиссное достижение желаемого результата.

9.3. Редукция и трансформации

Устранение имеющейся несовместимости возможно пятью основными способами:

- 1) устранение негативного фактора или нейтрализация последствий его действия;
- 2) построение инверсного противоречия (превращение негативного фактора в позитивный, целевой) и переход к первому способу;
- 3) интеграция инверсных противоречий с исключением негативных свойств;
- 4) разделение равноценных, но конфликтующих позитивных действий во времени, пространстве или по другим ресурсам, являющимся причиной конфликта;
- 5) замена задачи с устранением всего конфликта в целом.

В любом случае процесс трансформации по ТРИЗ осуществляется по схеме, которую я называю Мини-алгоритм трансформации или Мини-АРИЗ (рис. 9.15). Два основных шага Мини-АРИЗ под номерами 1 и 3 относятся только к этапам Редукция и Трансформация и связаны непосредственно с разрешением конкретного противоречия и с генерацией идеи решения. Шаг 2 отображает переход между этапами Редукция и Трансформация. Стрелка 4 показывает возможный возврат к Редукции, например, для дополнительного уточнения моделей или поиска новых ресурсов.

Вы могли уже заметить, что ранее во многих рассмотренных примерах приводилось сокращенное описание процесса решения, содержащее только икни Мини-АРИЗ. Этот подход мы применим и в этом разделе, по крайней мере для первых примеров.

Редукция является промежуточным, связывающим этапом между Диагностикой и Трансформацией. На этом этапе мы концентрируемся на одной конкретной задаче, сосредоточенной в одной оперативной зоне. Редукция проблемы включает подбор приемов и стандартных ТРИЗ-моделей, для которых известны решения в общем виде, формирование функциональной идеальной модели и идеального конечного результата, изыскание потенциально полезных оперативных ресурсов.



Рис. 9.15. Мини-алгоритм трансформации (Мини-АРИЗ)

Трансформация является во всех смыслах решающим этапом в Мета-АРИЗ. Именно на этапе Трансформации встречаются дисциплина мышления и вдохновение, логика и интуиция, опыт и мотивация, устремленность к новой идеи. Именно на этом этапе должна принести свой замечательный эффект вся подготовительная работа по ТРИЗ — диагностика проблемной ситуации, завершающаяся построением оперативной зоны и определением исходных моделей противоречий, и редукция исходных описаний к стандартным. Именно здесь Вы оказываетесь лицом к лицу с последним отчаянным сопротивлением проблемы, перед неизвестным будущим, перед Вашим изобретением или серией изобретений. Вперед!

Модели ТРИЗ/CROST на этапе Трансформация являются инструментами для мышления и представляют собой приемы-аналоги. Примеры, рассматриваемые ниже в этом разделе, предназначены для того, чтобы понять, как именно можно применять ТРИЗ-инструменты, до какого момента в процессе решения можно уверенно двигаться на основе аналога, а с какого момента нужно собственное творческое усилие. Коротко говоря, в ТРИЗ нет готовых ответов на все проблемы! Но в ТРИЗ есть модели и рекомендации, как искать правильные ответы за кратчайшее время. Снижает ли это полезность ТРИЗ? Или, может быть, сводит к нулю Ваши усилия по применению ТРИЗ при решении конкретной проблемы?

На эти вопросы, естественные для каждого думающего человека, мы должны вместе найти правильные и однозначные ответы. Ну, что ж, следя навыку, полученному при реинвентинге, а именно, навыку накопления и обобщения примеров, давайте зададим себе еще несколько похожих вопросов:

- знаете ли Вы выдающегося шахматиста, который никогда не изучал шахматной теории, сотен и тысяч шахматных этюдов и партий, сыгранных другими талантливыми предшественниками и современниками?

- знаете ли Вы гениального пианиста, который никогда не изучал музыкальной теории, не играл тысячи раз гаммы и этюды, пьесы и трудные фрагменты новых произведений?
- знаете ли Вы знаменитого математика, который не изучал арифметику, геометрию, алгебру и не упражнялся в решении тысяч математических задач?
- знаете ли Вы серьезного художника, не изучавшего элементы живописи, композиции и рисунка, не прошедшего школу студийных этюдов и не изучавшего произведения предшественников и современников?
- знаете ли Вы, наконец, популярного чемпиона по боксу или карате, который стал победителем, прочитав несколько учебных пособий и не имея многолетней тренировочной практики, не разучивая сложных движений через простейшие элементы, не работая над своей психологической устойчивостью и способностью к концентрации?

Думаю, что вывод давно сложился сам собой, как это и должно происходить в соответствии с ТРИЗ-концепцией функционального идеального моделирования. ТРИЗ также имеет теоретические принципы и модели, этюды разной степени сложности, стратегию, тактику и даже представление о красоте решений!

Но об этом позже, а сейчас — к этюдам! К этюдам А-Студии!

Пример 27. Тренажер-стойка в фитнес-центре (окончание). Редукция показывает, что ресурсы площади крайне ограничены. Нужно искать решение в направлении следующего идеального результата: новые тренажеры не занимают дополнительной площади! Подбор подходящих факторов из А-Матрицы приводит к следующей уточненной модели технического противоречия:



Трансформация. А-Матрица предлагает следующие приемы из А-Каталога: 01 Изменение агрегатного состояния, 02 Предварительное действие, 19 Переход в другое измерение и 34 Матрешка.

Совместная интерпретация приемов 19 и 34 представляется вполне конструктивной. Действительно, в соответствии с приемом 19 можно использовать ресурс высоты помещения и либо поднять тренажеры на дополнительный уровень, либо стремиться использовать вертикальные компоновки. Прием 34 прямо ориентирует на применение либо выдвигаемых/раздвигаемых конструкций, либо на реализацию в одной конструкции нескольких тренажеров.

Пример одного из известных решений показан на рис. 9.16: тренажер-стойка позволяет со всех четырех сторон выполнять различные упражнения, так как подвижные нагрузочные элементы смонтированы на каждой из сторон стойки, а тяги выведены через кронштейны с роликами, установленные на разных уровнях в соответствии с типом упражнения.

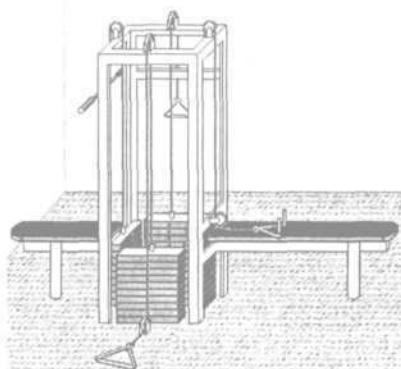


Рис. 9.16. Тренажер-стойка с 4 функциональными сторонами

Пример 28. Виброударное забивание сваи (окончание). Анализ показывает, что придется обратиться все же к ресурсу материала сваи. Сформулируем Микро-ФИМ: X-ресурс в виде частиц вещества в оперативной зоне обеспечивает перемещение неповреждаемой сваи! Редуцированная модель в виде двух альтернативных технических противоречий:



Трансформация. Из двух ячеек А-Матрицы получаем следующие приемы: 01 Изменение агрегатного состояния (дважды), № Дробление, 04 Замена механической среды (дважды), 13 Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности, 28 Заранее подложенная подушка, 36 Обратная связь. В принципе все приемы имеют интересные интерпретации! Рассмотрите их самостоятельно (сравните также с решением для примера 7.8). В учебных целях мы сосредоточимся на одном известном решении (рис. 9.52) по приему 04, который, в частности, рекомендует: b) использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом; d) использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

В материал сваи добавляется ферромагнитный порошок. Кроме того, в свае находится стальная арматура. Свяа опускается в тяжелый цилиндр, включаю-

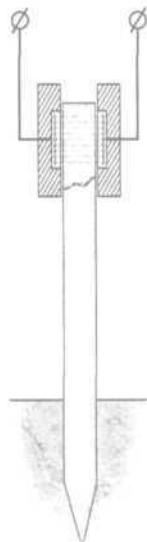


Рис. 9.17. Свая с электродинамическим способом перемещения

ший кольцевой электромагнитный индуктор, генерирующий импульсы тока. Возникающее магнитное поле взаимодействует с ферромагнитными и металлическими компонентами в свае и создаст механическое усилие, перемещающее сваю вниз. Выбор формы импульсов и силы тока позволяет создавать разные режимы движения сваи, воспроизводить как ударные, так и вибрационные воздействия.

Рассматривая ряд трансформаций свай от самой первой постановки до полученного решения, следует отметить, что непрерывно изменялся характер действий в оперативной зоне: воздействие в точке (исходный ударный способ зашивания) — воздействие по поверхности (через посредники) — воздействие по объему (через посредничество ферромагнитных добавок). Это есть проявление принципа динамизации оперативной зоны. Причем изменение в зависимости от контекста задачи может происходить и в обратном направлении.

Пример 29. Вывод группы спутников на точные орбиты (окончание). На лапе Редукция можно предложить следующую модель технического противоречия:



Рекомендуемые приемы: 05 Вынесение, 06 Использование механических колебаний, 10 Копирование. Одно из известных решений на основе Приема вынесения в части «выделить единственную нужную часть (нужное свойство): группа

спутников выводится в космос кораблем типа «Шаттл», а затем робот-манипулятор (рис. 9.18) выносит спутники из грузового отсека и расставляет их на орбитах с требуемыми параметрами.

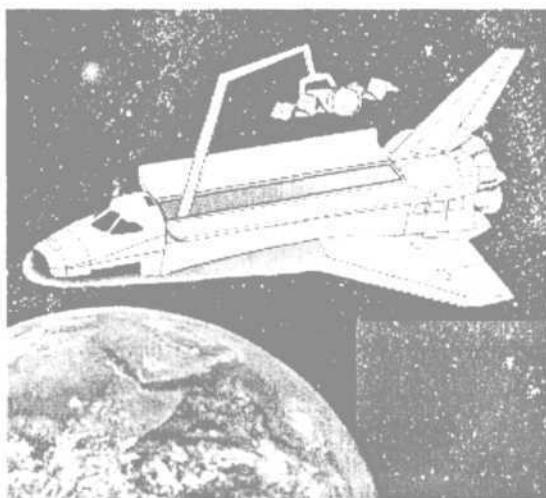


Рис. 9.18. «Шаттл» выводит спутники на точные орбиты

Пример 30. Лекционная доска (окончание). Редуцирование исходных противоречий в этой ситуации само по себе оказывается непростой задачей. Рассмотрим этот процесс в его развитии. Сначала исходные противоречия могут быть редуцированы к следующему виду:



Здесь количество негативных факторов превышает количество позитивных. Поэтому представляется полезным перейти к инверсным моделям, добавив к ним фактор 02 Универсальность:



Ранжирование приемов приводит к следующей последовательности: 04 (2 — встречается дважды), 07 (2), 18 (2), 19 (2), 37 (2), 02, 09, 14, 27, 29.

Выпишем подряд ключевые рекомендации из первых четырех приемов:

- заменить механическую систему оптической, акустической или «запаховой»;
- характеристики объекта или внешней среды должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом шаге работы;
- использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие;
- возможно улучшение при переходе от движения по плоскости к пространственному; использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь.

В Германии предложено решение, показанное на рис. 9.19.

На доске 1 обычного размера, например, длиной 3 м и высотой 1,5 м. лектор перемешает штифт 2 так, как будто создает рисунок или пишет текст. В лоску встроена координатная сетка 3,читывающая положение острия штифта. Координаты X и Y острия штифта через преобразователь 4 поступают в компьютер 5, а оттуда — в проектор 6, изображающий на доске все, что было нарисовано ранее (7), и проецирующий окончание вновь вводимой линии непосредственно в то место, где находится штифт. «Доска» (белого цвета) на самом деле играет роль экрана со встроенной системой считывания положения штифта. Таким образом, сохраняется универсальность рисования на «доске» и увеличивается степень автоматизации, благодаря возможности сохранения

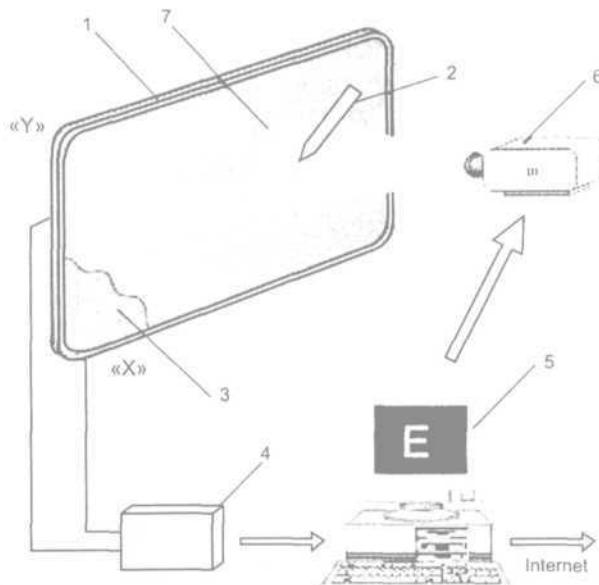


Рис. 9.19. Принцип устройства электронно-оптической доски

изображений на любом компьютере, соединенном с передающим компьютером 5 через Интернет. Увеличиваются производительность, удобство эксплуатации и вновь степень автоматизации, так как теперь можно демонстрировать на доске любые заранее подготовленные сложные рисунки.

Примеры 31 и 37. Купол Рейхстага (окончание). Итак, Вы готовы воспроизвести ход мыслей архитектора эпохи Нормана Фостера? Если «да», то давайте попробуем сделан, это. Если «нет», то нужно проработать книгу еще раз с самого начала!

Мы совместим здесь решения на основе технического и физического противоречий, тем более, что после этого примера мы как раз переходим к рассмотрению трансформаций на основе физических противоречий:

Идеальный результат: потоки посетителей не могут пересекаться!

Техническое противоречие: плюс-фактор 21 Форма и минус-фактор 25 Потери времени.

Физическое противоречие: встречные потоки посетителей должны быть, так как посетители должны подниматься на смотровую площадку и спускаться с нее, и встречные потоки должны отсутствовать, чтобы посетители не мешали друг другу в движении.

Ведущий ресурс: пространственный.

Рекомендации по А-Матрице: приемы 02 Предварительное действие, 15 Отброс и регенерация частей, 19 Переход в другое измерение и 22 Сфериальность.

Рекомендации из каталога «Фундаментальные трансформации и А-Приемы»: вполне перспективные приемы 05 Вынесение, 10 Копирование, 19 Переход в другое измерение, 22 Сфериальность, 34 Матрешка.

Суммарные рекомендации и их интерпретации:

- Прием 05: отделить мешающую часть (например, поток спускающихся посетителей), выделить нужную часть (аналогично);
- Прием 10: использовать копии (сделать еще один пандус!);
- Прием 19: использовать многоэтажную компоновку (как-то разместить пандусы один под другим!);
- Прием 22: использовать спирали (уже применяются!);
- Прием 34: разместить объект последовательно один в другом, пропустить объект через полости (пустоты) в другом (итак, пандусы надо как-то вложить один в другой!?).

Простое и великолепное решение (рис. 9.20): второй пандус сдвинут по окружности (например, при виде сверху, иначе говоря, в плане) на 180° и свободно входит своими витками между витками первого пандуса. Оба пандуса одинаковы, то есть являются взаимными копиями.

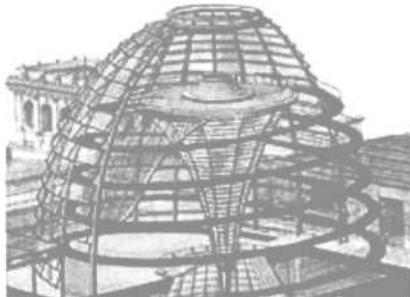


Рис. 9.20. Пандусы к смотровой площадке купола Рейхстага

Пример 32. Разделительный барьер (окончание). Сформулируем Макси-ФИМ: оперативная зона сама держит барьер! (Посмотрите, кстати, пример 30!) По-пробуем сформулировать другой вариант физического противоречия: барьер должен быть тяжелым, чтобы его трудно было сдвинуть, и должен быть легким (для удобства транспортировки, монтажа и демонтажа). Прежде всего, просматривается возможность разрешения противоречия во времени, так как тяжелым (широким) барьер должен быть на одном интервале времени, а легким (узким) — на другом. И эти интервалы не пересекаются! Конечно, вполне понятно, что и в конструкции должны быть сделаны какие-то изменения. Здесь нужно рассмотреть все доступные ресурсы! Например, что сдвигает барьер? Давление и собственный вес посетителей, опирающихся на барьер.

А ведь это вполне реальный ресурс массы, появляющейся именно на конфликтном интервале. Вред нужно превратить в пользу! Одно из эффективных решений задачи: со стороны очереди опора барьера выполняется в виде решетчатой платформы, достаточно широкой, чтобы посетители, опираясь на барьер, обязательно сами стояли на этой платформе. Так оперативная зона (с помощью веса посетителей) сама удерживает барьер от перемещения!



Рис. 9.21. Устойчивый барьер

Пример 33. Реакция водителя автомобиля (окончание). Мне известны несколько водительских школ в Германии, где это противоречие решили-таки в сугубо натуральном варианте. В школе устраивается вечеринка с небольшой дозой шампанского, а потом на специально оборудованных автомобилях и вместе с инструктором веселые водители выполняют на тренировочной площадке вполне обычные задания. Все это снимается на видеокамеры, фиксируется время выполнения заданий, а на следующем занятии показывается участникам тренинга. Изумлению обучаемых нет предела! Эффект потрясающий!

Второе решение более соответствует ТРИЗ! Негативное действие нужно передать в окружающую среду, нужно использовать какой-то ресурс внешней среды. И «пьяным» стал компьютерный тренажер! Противоречие разрешено в структуре и во времени: вся система функционирует нормально, а часть системы — ненормально, а именно: тренажер выполняет действия обучаемого с определенным запаздыванием. Такое решение применяется в США.

Пример 34. Свая (окончание примера, связанного со сваями). Если даже Вы знаете контрольное решение, или у Вас появились собственные идеи, изучите этот пример внимательно. Он только кажется простым. На самом деле здесь есть очень важные тонкости Редукции, открытые именно в ТРИЗ. Построим структурно-функциональную модель конфликта в оперативной зоне (рис. 9.22). Заметили ли Вы, что это упрощенный вариант! Если «да», то это очень хорошо! Если «нет», то рассмотрите все изложенное ниже более внимательно.

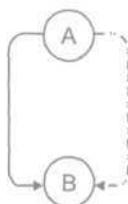
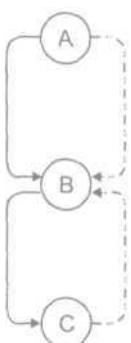


Рис. 9.22. Упрощенная структурно-функциональная модель конфликта при забивании сваи

Прежде всего отмстим, что последующий анализ следовало бы делать еще на этапе Диагностика. Но, допустим, что мы увлеклись и решили, что в этой ситуации только одна оперативная зона и, соответственно, одна «очевидная» конфликтующая пара — молот А и свая В. Как только мы определили исходную модель таким образом, так и все наши поиски ограничились только этой оперативной зоной!

Примерно так все и происходит при решении задач теми, кто не знает ТРИЗ!

ТРИЗ-специалист еще на этапе Диагностика проведет более полный анализ. Но, продолжим с того места, на котором мы оказались.



Построим более полную структурно-функциональную модель конфликта в оперативной зоне (рис. 9.23). Все, кто не знакомы с тонкостями ТРИЗ-моделирования, опишут эту модель примерно так: молот А воздействует на сваю В, передавая ей энергию для перемещения в грунт С, но при этом повреждает сваю В; свая В совершаает рабочее воздействие на грунт С, который также оказывает на сваю негативное воздействие.

Вот здесь-то ТРИЗ требует определить и зоны, и экторы более точно и детально, хотя и нетрадиционно.

Рис. 9.23. Полная структурно-функциональная модель конфликта при забивании сваи

Во-первых, явно видны две оперативные зоны. Первая — очевидная, включающая молот А и сваю В. Этой оперативной зоной мы и занимались, впрочем, как и сотни или тысячи специалистов по свайным конструкциям, не обращавших внимания на другие зоны и ресурсы системы.

Вторая оперативная зона включает сваю В и грунт С. Эту зону мы даже не принимали во внимание, считая что весь системный конфликт исчерпывается конфликтом между А и В. Эта ошибка исключила саму возможность систематического исследования всей системы, а следовательно, и возможность направленного поиска альтернативных решений.

А теперь укажем на иную, более тонкую и незаметную ошибку, сделанную уже при описании полной модели.

В отличие от неподготовленного решателя проблем, ТРИЗ-специалисты сказали бы, что на сваю оказывает воздействие не грунт, а... отверстие в грунте. Они сказали бы, что свая не просто «воздействует на грунт», а формирует именно это самое отверстие для себя! Действительно, если бы отверстие имело заранее форму сваи, то сваю не надо было бы забивать!

Сделаем в этом месте отступление: не кажется ли Вам, что одна альтернативная идея появляется уже только на основе этих несложных рассуждений?! Действительно, можно пробить в грунте предварительное отверстие пол сваю, а потом забивать сваю с намного меньшим усилием. А если отверстие достаточно большое, то можно просто опустить сваю в это отверстие.

Вот теперь пришло время указать еще на одну часто встречающуюся ошибку диагностики задачи. Эту ошибку я специально оставил в заключительной фразе общей постановки задачи в примере 14 (начало): «Можете ли Вы предложить новую «неразрушающую» технологию забивания свай?» Через слово-термин «забивание» в постановку сразу вводится как неизменяемое понятие способ получения свайной опоры. А почему бы не изменить сам способ получения сваи в грунте?

Так вот, на практике такие ошибки встречаются чрезвычайно часто. Причем именно профессионалы в своей области сами оказываются жертвами своих профессиональных стереотипов мышления, закрепленных в терминах и в способах описания проблем. По ТРИЗ в целях снятия психологической инерции нужно заменять термины другими словами, прибегая к метафоре и шутке. Например, можно сказать: засунуть или посадить сваю в грунт, вырастить сваю, свая сама залезет в землю. И даже не свая, а например, столб, нога, цилиндр (тоже термин, но другой, схватывающий только общую форму), статуя, болванка и так далее. Главное, уйти от стереотипа.

Теперь продолжим. В предыдущем разделе Вы уже видели, что формирование функциональной идеальной модели может играть не только важную роль в подготовке генерации идеи, но и непосредственно подсказывать саму решающую идею. Идеальный конечный результат: свая должна занять свое место в грунте целой и невредимой. И снова необходимо дать точное определение, что означает быть «целой и невредимой», например, форма сваи в грунте должна быть такой, какой она получается на заводе при ее изготовлении.

Также можно искать все более точное определение оперативной зоны! Вполне корректно определить в качестве оперативной зоны стенки отверстия и поверхность сваи в местах контакта с отверстием. Проверим правильность модели с помощью некоторых вопросов и ответов, способ формирования которых покажется Вам вполне понятным. Как именно грунт взаимодействует со сваей? — Только через стенки отверстия! А свая как взаимодействует со стенками отверстия? — Только своей поверхностью!

Усилим функциональную модель до предела: оперативная зона сама обеспечивают получение целой сваи! Формально это может пересказать только одним способом: стенки отверстия сами обеспечивают... получение целой сваи!? Можно ли конструктивно интерпретировать этот образ? Если «да», то запишите свою идею, чтобы вскоре сопоставить ее с контрольным учебным решением! Впрочем, и при ответе «да» нужно рассмотреть все изложенное ниже.

Для подготовки еще одного направленного выхода на решение рассмотрим оперативное время, отступая последовательно от конечного результата. Итак, свая каким-то образом оказывается в грунте (и это есть конфликтное время). Перед этим свая привозится на стройплощадку. Свая изготавливается на заводе. Для этого песок и цемент смешиваются с водой и подготавливается металлическая арматура. Арматура закладывается в форму. Затем в форму заливается приготовленная бетонная смесь. После застывания смеси в форме из нее извлекается готовая свая.

Увидели ли Вы возможность интерпретировать функциональную идеальную модель? Проверьте свою догадку по контрольному ответу в конце книги.

Пример 35. Ремонт трубопровода (окончание). Итак, в результате Редукции мы имеем дело с острым физическим противоречием: воду нужно остановить и воду нельзя останавливать! И все же начинать надо с уточнения всех ТРИЗ-аспектов проблемной ситуации. Первое: оперативная зона. Она включает дырку в трубе, часть трубы в области дырки и воду. Идеальный результат: вода остановлена, воды нет в области дырки! Ресурсы: видимые ресурсы отсутствуют. Обратимся к каталогу Фундаментальные трансформации и А-Компакт-Стандарты. Общая интерпретация системного перехода 1-с (позиция 5): во всей системе движение воды есть, а в оперативной зоне — нет (?). Интерпретация позиции 7: применить фазовый переход 1 — заменить фазовое состояние части системы! Контрольный ответ: осуществить местное замораживание воды выше (по направлению течения воды) дырки! Либо и выше и ниже.

Такое оборудование выпускает, например, немецкая фирма Rothenberger.

Пример 46. Лекционная доска («окончательное окончание» примера 30). Давайте подумаем вместе над особенностями решения, приведенного в примере 30 (окончание). Очень интересное решение! Оно важно еще и тем, что показывает устранение одного из самых устойчивых стереотипов, мешающих создавать инновации в такой отрасли, как обучение: представление о том, что на лоске можно рисовать только мелом или фломастером!

Но давайте зададим еще один вопрос: а зачем лектор вообще должен что-либо рисовать именно на доске, в масштабе доски?! Не кажется ли Вам, что это тоже сидящий в нас негативный стереотип?!

Попробуем провести экспресс-диагностику ситуации. Изображение на «большой доске» нужно в большой аудитории, в которой находится много студентов. Но оно вовсе не обязательно для передачи материалов лекции, то есть, того, что находится на доске, например, через Интернет! Достаточно передавать собственно рисунки, текст, формулы. Можно сказать также, что не нужно «передавать самого лектора»! Но и в большой традиционной аудитории нужно ли, чтобы лектор непременно стоял у доски и имитировал процесс рисования (именно это и происходит по решению, показанному в окончании примера 30), сопровождая это рисование речевыми пояснениями?

Итак, сформулируем ориентировочные требования: лектор должен Гнить, но он не должен быть у доски; изображение должно быть на доске, но его не надо рисовать на доске! Противоречия явно связаны с ресурсом пространства, и решение, скорее всего, будет опираться на принцип трансформации в пространстве! Я полагаю, что Вы уже посмотрели на схему, показанную на рис. 9.19, и доработали ее до следующего контрольного решения (рис. 9.24).

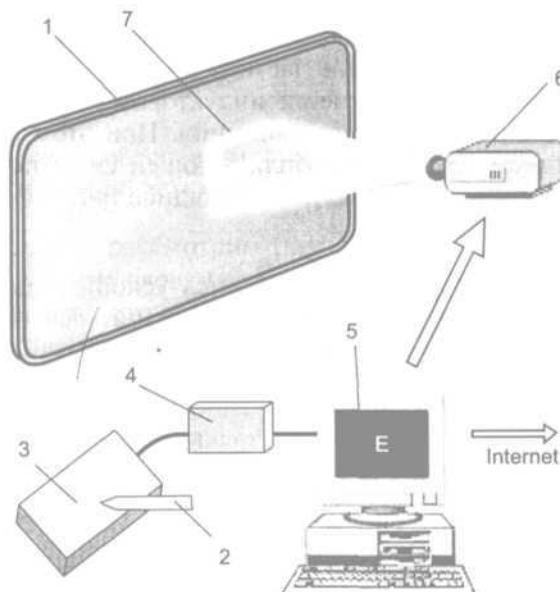


Рис. 9.24. Принцип устройства виртуальной электронно-оптической доски

Лектор создает рисунок или пишет текст с помощью штифта 2, перемещаемого по настольному устройству 3 (дигитайзер или таблетт), имеющему встроенную точную координатную сетку,читывающую положение острия штифта. Штифт создает также видимый след, например, чернильный, на бумаге, закрепленной на устройстве 3. Теперь изображение может проецироваться на

экран 1 любого размера и, разумеется, сохраняться в памяти компьютера 5 или передаваться в Интернет. Таким образом, удобство эксплуатации увеличивается еще больше.

В заключение этого раздела рассмотрим несколько примеров более полно.

Пример 47. Судно на подводных крыльях. Экспресс-Диагностика показывает следующее. Корабль как техническая система ТС имеет главную полезную функцию MPF «перемещать груз по воде» и главную негативную функцию MNF «отталкивать воду во время движения». Корпус корабля как компонент ТС имеет позитивную функцию PF «удерживать груз на воде», являющуюся частью MPF, и негативную функцию NF, совпадающую с MNF корабля. Оперативное время определяется временем движения корабля. Конфликтным это время является потому, что корабль во время движения вынужден расходовать энергию на преодоление сопротивления воды. Проблема состоит в том, что рост скорости корабля за счет повышения мощности двигателя быстро прерывается из-за многократно более быстрого роста сопротивления воды. Как повысить скорость движения при относительно небольшом росте дополнительной мощности двигателей?

Переходим к Редукции и рассмотрим, прежде всего, оперативную зону и противоречия. Оперативная зона OZ включает все то, что тормозит движение корабля. Это, прежде всего, вода, и основной элемент OZ — подводная часть корабля, точнее поперечное сечение части корпуса, находящейся ниже ватерлинии. Здесь корпус корабля является индуктором, действующим на воду-рецептор для обеспечения своего движения. При этом рецептор, наряду с позитивным действием (создание выталкивающей силы по закону Архимеда для удержания корабля на воде) оказывает мощное негативное воздействие на индуктора — тормозит его движение.

Административное противоречие АС: требуется ускорить движение судов при допустимом росте дополнительной мощности двигателей (явно указана только цель, а средство предстоит определить).

Техническое противоречие ТП: при увеличении мощности двигателей скорость движения корабля растет, однако сопротивление воды растет быстрее, и вскоре делает невозможным дальнейшее увеличение мощности двигателей.

Физическое противоречие ФП: корпус корабля должен быть широким для обеспечения устойчивости и должен быть узким для уменьшения сопротивления воды при движении (см. ниже на рис. 9.25,а).

Представьте эти противоречия в графической форме.

Сформулируем функциональные идеальные модели:

1. Макро-ФИМ:

Х-ресурс, не вызывая недопустимых негативных эффектов, обеспечивает с ростом скорости движения отсутствие роста тормозящего действия воды.



Рис. 9.25. Исходное (а) и усиленное (б) физическое противоречие

2. Микро-ФИМ:

Х-ресурс в виде частиц вещества или энергии находится в оперативной зоне и обеспечивает во время движения отсутствие сопротивления частиц воды.

3. Макси-ФИМ:

Оперативная зона сама обеспечивает рост скорости движения, причем чем больше скорость движения, тем меньше сопротивление воды.

На этапе Трансформации рассмотрим подробнее ФП и заменим специальные термины более простыми словами. Корабль держится на поверхности воды. То есть на плаву, потому, что его подводная часть выталкивает из-под корабля воду, вес которой равен весу корабля в целом (это и есть закон Архимеда). То есть, корабль позитивно взаимодействует с водой, когда не движется. При движении именно подводная часть корабля расталкивает частицы воды, чтобы создать себе пустое пространство для более легкого продвижения. Заметим, пустое пространство! Без воды! Фактически это пространство будет заполнено воздухом, что и происходит на самом деле. Заметим, что ледокол расталкивает лед и создает себе свободное пространство в воде, а быстроходное судно расталкивает воду и создает себе свободное пространство... в воздухе.

А теперь можно применить моделирование по координатам «Размерность — Время — Стоимость» из раздела 18.2 Модели «Фантограмма» и «Было — Стало». Сокращая описание, приведем только один результат моделирования: в пределе «узкий корпус» означает «нулевой» или «отсутствующий» корпус! Иными словами, подводная часть корпуса (именно она испытывает тормозящее действие воды) должна иметь «нулевую высоту» или, что то же самое, не находиться в воде! В таком предельно обостренном виде физическое противоречие приведено на рис. 9.25, б.

Теперь можно задать вопрос: как сделать так, чтобы корпус корабля... не находился в воде во время движения?! Сделать корабль-самолет? А почему бы и нет?! Корпус надо вытащить из воды, поднять над водой! Вспомните, какой камешек лучше прыгает по воде, если сильно бросить его почти вдоль поверхности? Плоский! И пока у камешка хватает скорости, он отталкивается от воды и не тонет! То есть, здесь действует что-то другое, чем закон Архимеда. С одной стороны, действует сила отталкивания, возникающая от удара камешка о воду, но с другой стороны, плоский камешек имеет дополнительно и аэродинамическую подъемную силу, как крыло птицы или самолета. Тогда почему бы к корпусу корабля не добавить «крылья»?! Другое дело, где их установить! Если в надводной части, то подъемная сила будет возникать только из-за опоры на воздух, а для этого корабль нужно было бы разогнать до скорости самолета. Но корабль ведь тяжелее самолета, и ему нужна намного большая подъемная сила.

А что, если установить «крылья» под водой?! Тогда опора на воду создаст намного большую подъемную силу, гидродинамическую, и вытолкнет немного корпус корабля вверх! Чем выше скорость, тем выше корабль будет подниматься из воды, тем меньше будет часть корпуса, остающаяся пока под водой, и меньше сопротивление воды (!), и тем легче можно будет разгонять корабль еще и еще. И он будет постепенно подниматься над водой все выше и выше, пока весь корпус не выйдет из воды, в которой останутся только «крылья» и движители — винты!

Да, именно такова была идея российского изобретателя Ростислава Алексеева, открывшая в начале 1950-х годов направление быстроходных кораблей на подводных крыльях (рис. 9.26).

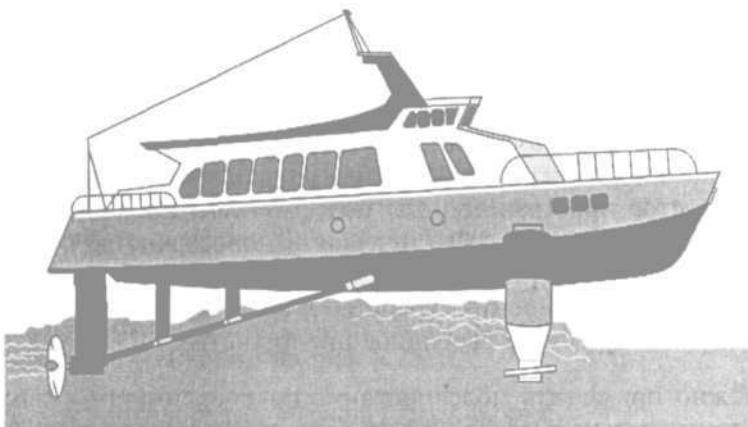


Рис. 9.26. Скоростное судно на подводных крыльях.

Для этапа Верификация приведем лишь одно важное пояснение. Поскольку подводные «крылья» являются элементом корпуса, то вполне можно сказать, что мы получили идеальное функциональное решение — ОЗ сама обеспечивает рост скорости корабля при любой его ширине.

А теперь для полноты учебного разбора примера вернемся к ТС и к возможности решения задачи с помощью А-Приемов.

В соответствии с ТС из А-Матрицы можно выбрать плюс-фактор «Улучшается скорость» (строка 22) и минус-фактор «Ухудшается мощность» (столбец 36). А-Матрица рекомендует следующие А-Приемы: 01 Изменение агрегатного состояния объекта, 05 Вынесение, 08 Периодическое действие, 30 Применение сильных окислителей.

Конструктивной интерпретации легче всего поддается А-Прием 05:

Отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

«Мешающий» корпус корабля вынесен из воды благодаря вынесенным из корпуса «нужным» элементам — подводным крыльям.

Пример 48. Солнечный дом. Обычно загородный лом строят так, чтобы побольше солнца попадало в окна большой комнаты для отдыха и сбора всех членов семьи или гостей. На другие стороны лома солнце может вовсе не попадать. Попробуйте изобрести решения для того, чтобы солнце могло попадать в любую комнату.

Предварительная Диагностика показывает следующее. Дом как техническая система ТС имеет главную полезную функцию MPF «защищать внутреннее пространство от внешних воздействий» и главную негативную функцию MNF (в данном случае) «отсутствие солнечного света в некоторых помещениях». Здесь предполагается, что солнечный свет попадает в дом через окна. Если в доме единственная комната, то солнце обязательно бывает в ней, даже если другие окна выходят на несолнечную сторону. Отсюда уже на папе Диагностики может появиться несколько очевидных идей (рис. 9.27): можно строить дом, в котором все комнаты вытянуты вдоль солнечной стороны (а), комнаты второго ряда имеют окна над крышей первого ряда (б), дом имеет форму кольца из однокомнатных секций с внутренним двориком (с). Вполне очевидны более сложные решения: на несолнечной стороне установить отражатели (д), сделать встроенные зеркальные световоды (е).

Выберем один из этих проектов в качестве прототипа для поиска новых идей. Пусть это будет решение «а». Его недостатком является неудобная однорядная планировка дома.

Редукция. Определим, прежде всего экторы и OZ этой системы (попробуйте отложить книгу в сторону и определить эти компоненты самостоятельно).

Укажем вначале нужную вспомогательную функцию дома «освещать комнаты (солнечным светом)». Тогда становится более ясно, что комнаты здесь являются рецепторами, а лом является системой-индуктором. Солнечный же свет может быть отнесен к системному окружению или к среде. Тогда OZ можно определить как совокупность комнат на несолнечной стороне. Но ТРИЗ установлено, что при наличии одинаковых объектов можно строить решение для одного объекта, а потом распространить это решение на все объекты (если,

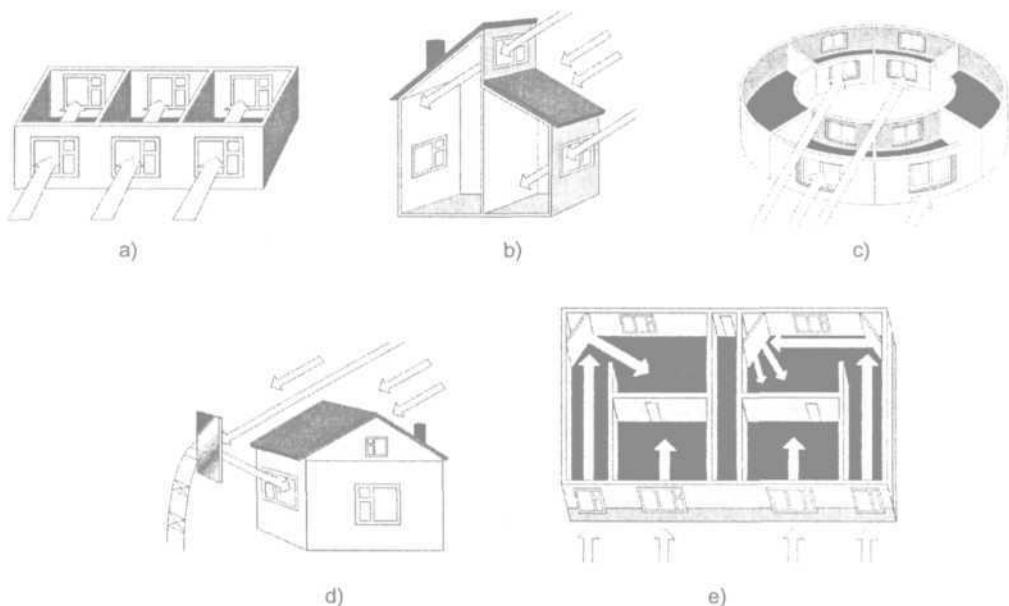


Рис. 9.27. Принципы построения солнечного дома

конечно, учет свойств всех объектов вместе взятых не создает нового системного качества). Поэтому ОЗ уточним как комнату на несолнечной стороне.

Здесь имеет место острое физическое противоречие:

дом (через окна) хорошо освещает комнату (на солнечной стороне) и плохо освещает комнату (на несолнечной стороне)!

Заметим, что в этой ОЗ оперативное (конфликтное) время ОТ начинается сразу после фиксации положения дома на строительном участке. Рассмотрим ОТ точнее. До окончательной привязки плана дома к плану участка «дом», точнее. его проекцию, можно поворачивать так, чтобы выбрать оптимальную ориентацию, обеспечивающую наибольшее присутствие солнца в комнатах. После окончательной привязки дома возникает недостаток, который мы сделали центром внимания.

Внимание! Еще раз: до фиксации положения дома проблема отсутствует, а после фиксации — присутствует! Но ведь это — ответ в общем виде! Не должно быть фиксации положения дома! Иными словами, дом нужно динамизировать, сделать поворачивающимся, вроде сказочной избушки на куриных ножках!

На этап Трансформации остается, правда, немало острых проблем, из которых первоочередной является создание механизма вращения дома. Может быть, это будет огромный подшипник, или колеса? А может быть, дом будет плавающим, и тогда его и вовсе легко будет «крутить»?! Должен ли он крутиться как волчок в любом направлении, или достаточно обеспечить подвижность на небольшом секторе, например, в диапазоне 60–90°?

Мы не будем развивать решение дальше, тем более, что имеется ряд патентов с этой идеей. Наша учебная цель состояла в том, чтобы показать, что решение может появляться на разных этапах Мета-АРИЗ. Именно поэтому так важно последовательно и внимательно проходить все этапы один за другим!

Верификация. Возникают новые многочисленные проблемы, в частности, как должны быть устроены фундамент, системы подачи электричества и воды, система отвода сточных вод, спутниковая антенна, даже связь дома с гаражом. Но я не хочу лишать Вас удовольствия пофантазировать на эту тему. Она того стоит! И, может быть, Вы создадите еще несколько неожиданных идей!

Пример 49. Стена. Одна из фирм на Индустральной Мессе в Ганновере, Германия, создала весьма удивительную стену вокруг своего стенда. Об этой стене можно было сказать, как о платье одной сказочной героини, у которой оно одновременно как бы было, и его как бы не было! Так и со стеной: она и была, и не была. На эту стену снаружи вполне четко проецировались рекламно-информационные фильмы, но входить на стенд лучше было через проход, где этой «стены» не было. Не торопитесь с угадыванием идеи! Используйте Мета-АРИЗ. А если Ваша догадка уже опередила мое предложение, то и в этом случае сделайте реинвентинг, пройдя достаточно подробно все этапы Мета-АРИЗ.

Действительно, проблема! Стена есть, и стены нет! Платье есть, и платья нет! Уж точно, что на такую проблему оптимист и пессимист посмотрят диаметрально противоположным образом! Как на бутылку, в которой напитком занято ровно 50 % объема. Оптимист, как известно, может заявить, что бутылка наполовину полна или даже, что она вообще почти полная, а пессимист скажет, что она наполовину пуста или, еще хуже, что она почти пустая! Но ближе к делу: у сказочной героини платье было из рыбакской сети, а на стенде было иное решение! Стеклянная стена? Нет, так как это все же прочная и вполне традиционная конструкция типа витрины магазина. Давайте не будем гадать, а начнем проектировать стену, которой нет!

Диагностика. Сформулируем главную полезную функцию стены для стенда: отделять внутреннее пространство от внешнего. Традиционные вспомогательные функции: стена несущая (потолок или крышу), стена optически прозрачная (стеклянная) или полупрозрачная, например, из переплетенных веток, из живых или искусственных растений и т. д. Это и есть обычные идеи из брейнсторминга. Идея, о которой Вы узнаете, также вполне доступна брейнстормингу, но мы попробуем прийти к ней через реинвентинг. Заладим вспомогательную функцию в виде переменной стены, то появляющейся, то исчезающей! Пусть через нее можно пройти, как, например, через неплотные изгороди из живых растений, но это сопряжено с немалыми неудобствами, особенно, если Вы находитесь на Индустрите Мессе в костюме для торжественных случаев.

Редукция. Построим физическое противоречие, используя несовместимые идеальные функциональные свойства: стена должна быть, чтобы посетители не попадали на стенд вне специального входа, и стены не должно быть, чтобы было видно все, что происходит на стенде, чтобы на стену можно было проецировать рекламные клипы, и чтобы она легко появлялась и исчезала.

Трансформация. В разделе 12. Модели для разрешения физических противоречий Вы найдете 4 фундаментальных способа: разделение несовместимых свойств в пространстве, во времени, в структуре и в веществе. В нашей постановке явно присутствуют все 4 аспекта — пространственный (стена есть — стены нет), временной (стена появляется, например, только на рабочее время), структурный (стена обладает какой-то переменной структурой, чтобы не противоречить двум первым аспектам) и вещественный (стена использует какой-то материал, по-видимому, недорогой и несложный в применении). В разделе 8.2. Ресурсы Вы найдете такую рекомендацию: использовать в первую очередь легко доступные и недорогие ресурсы. Это особенно важно для выбора материалов, чтобы они не оказались дорогими и дефицитными.

На выставке, как и во многих других местах, легко доступны воздух и вода. Воздух: надувать, что ли, эту стену? Но она будет непрозрачна, да и конструкция не выглядит простой! Вода? Остается только вода. А почему бы и нет?! Можно предложить как минимум две идеи: фонтаны и водопады по контуру стенда! На стенде была превосходно в эстетическом отношении реализована идея водопада: с 4-метровой высоты по контуру стенда, за исключением проходов, стекали тысячи тонких струек воды, попадая в узкую приемную щель в полу без брызг и лишнего шума. Рекламные цветные клипы на этой непрерывно движущейся стене выглядели не слишком ярко, но очень впечатляюще из-за контраста статики кадров с динамикой «экрана-стены».

Верификация. Может возникнуть вопрос о стоимости этой «стены». И об особенностях конкретной инженерной реализации. Ну что ж, и здесь тоже надо проявить изобретательность. И еще: хорошие идеи стоят того, чтобы за них платить! К тому же именно хорошие идеи и экономят немало денег. Об этом как раз следующий пример.

Пример 50. Градирня. В лаборатории Института тепло-массообмена Академии Наук Республики Беларусь в Минске проводились исследования различных аспектов эффективности, безопасности и экологичности атомных и тепловых электростанций. Градирня (рис. 9.28) служит для полного охлаждения воды, отработавшей в турбинах электростанции. Тепловой коэффициент полезного

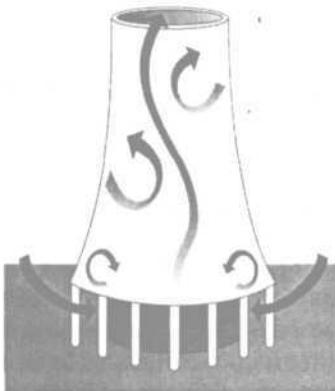


Рис. 9.28. Обычная градирня

действия современных испарительных градирен башенного типа составляет 25-40 %.

Повышение эффективности градирен существенно увеличивает коэффициент полезного действия всей электростанции и уменьшает вредное воздействие ее выбросов на окружающую среду.

Диагностика. В известных башнях эффективность снижена из-за того, что внутри башни образуются застойные вихревые зоны, являющиеся препятствиями (размером до 30 % поперечного сечения башни) для движения охлаждающего воздуха, поступающего снизу через сплошную воздухозаборную полосу по всему периметру основания башни. Причем, сильный ветер, который, казалось бы должен улучшать работу башни, залетая снизу с большей силой, напротив, создает еще большие пробки в башне! Как улучшить работу градирни?

Редукция. ФИМ была сформулирована в следующем виде: охлаждающий воздух в башне градирни сам создаст устойчивый, оптимальный по всему сечению башни, поток — без пробок! Прошу Вас снова обратить внимание на то обстоятельство, что «прицел» для ФИМ устанавливается на инструменте, рабочем органе градирни — на воздушном потоке внутри башни! ТРИЗ требует очень четко определять рабочий орган: не башня градирни охлаждает воду и выполняет MPF, а движущийся в башне снизу вверх воздух—индуктор!

Трансформация. На этот раз воспользуемся прямым просмотром А-Каталога, что также не слишком сложно. С поставленными целями так или иначе ассоциируются приемы № № 01, 04, 05, 07, 12, 14, 19, 21, 22, 24, 29, 34, 39, 40! Выглядит многовато? Ничего, бывает и больше! Далее проводится интерпретация и ранжирование приемов относительно «близости» к ФИМ — здесь, конечно, требуются определенные навыки. В итоге получилась следующая картина:

- 1) Анализ цепочки ранжированных приемов начали с приема 21 Обратить вред в пользу: раз внешняя среда (сильный ветер; теплый во пух, плохо охлаждающий воду) негативно влияет на работу башни, то пусть этот вред сам себя устранит'. То есть хорошо было бы использовать какие-то бесплатные, даровые ресурсы среды, создающие сам поток охлаждающего воздуха;
- 2) Вторым приемом был выбран 29 Самообслуживание, воздушный поток должен сам преодолевать возникающие пробки, а еще лучше — препятствовать их возникновению! (К сожалению, пока не ясно, как это можно сделать, но от ФИМ — ни шага в сторону!);
- 3) Следующий подходящий прием — 04 Замена механической среды: перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурированных к имеющим определенную структуру — «поле» воздуха нужно сделать сильным, уничтожающим пробки;
- 4) Прием 19 Переход в другое измерение: перейти от движения по линии к движению по плоскости или по трем координатам — раз поток не может предотвратить пробки при прямолинейном движении снизу вверх, то может быть его как-то закрутить в спираль, как в вентиляторе или в торна-

до!? Вот она — ключевая идея!!! Действительно, обычный вихрь в природе очень устойчив именно потому, что закручен! Надо создать закрученный поток — торнадо! — внутри башни! Просматривается минус: что это за огромный вентилятор диаметром в десятки метров? Нужно какое-то иное инженерное решение.

- 5) Прием 07 разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга — здесь следует искать решение относительно изменения конструкции башни (???), ведь поток надо как-то сделать в виде устойчивого вихря.

Анализ других приемов опускаем для краткости, тем более, что для специалистов по тепломассопереносу, в том числе и в газовоздушной среде, уже на этой стадии анализа конструкционное решение оказалось делом несложной профессиональной техники: в воздухозаборной части по нижней окружности башни создаются специально рассчитанные воздухозаборные «окна», имеющие для раскрытия вертикальную ось вращения и раскрываемые на определенный оптимальный угол (рис. 9.29).

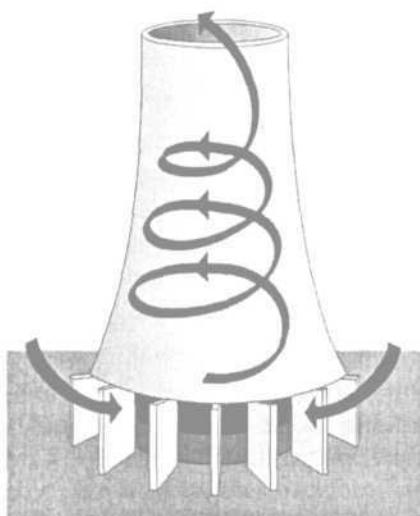


Рис. 9.29. Новая градирня

Верификация. Хорошее решение всегда сопровождается сверхэффектом: усилилось засасывание внешнего воздуха в башню с гораздо большего расстояния от башни и с большей высоты от основания башни, благодаря чему исчезли также небольшие застойные зоны и при входе в башню!

Благодаря этой конструкции внутри башни даже в безветренную погоду возникает устойчивый вихрь и отсутствуют пробки! А при сильном ветре эффективность работы башни только повышается!

При малых инвестициях в модернизацию даже действующих башен выигрыш в тепловой эффективности в среднем составляет за год 3—7 %, что весьма существенно!

Прокомментируем дополнительно решения последних четырех примеров.

В примере 47 после построения обобщенного физического противоречия выйти на идею подводных крыльев как аналогов самолетных крыльев, но использующих не аэродинамическую, а гидродинамическую подъемную силу — совсем не просто; это требует не только опоры на серьезные знания физико-технических эффектов аэродинамики и гидродинамики, но и выдающейся фантазии, свободы от инерции мышления, в которой реальный корабль никак не ассоциируется с самолетом (отметим, что в сказках летающий по воздуху корабль встречается! — и тоже, кстати, в силу психологической инерции мышления, так как эти сказки создавались еще в те времена, когда самолетов не было, а корабли были!).

Почти очевидный ответ появляется в примере 48 уже при анализе оперативного времени на этапе Редукции, правда, при очень точном и внимательном анализе, как и рекомендует ТРИЗ, но для окончательного появления идеи нужно преодолеть мощный негативный стереотип представления о доме как о безусловно неподвижном объекте, навечно установленном на неподвижный фундамент; здесь нужно воображение не меньшее, чем для примера 47.

При учебном реинвентинге примера 49 многие просто успевают догадаться об идее решения до подробного рассмотрения проблемы по шагам; но это объясняется только тем, что в постановке задачи и в описании требуемых свойств этой стены содержится слишком много метафорической ориентирующей информации; хотя решение с помощью применения легкодоступных ресурсов не становится от этого менее полезным; а теперь посмотрите на эту проблему без ориентирующих информаций и попробуйте изобрести новые «стены» — это может оказаться доходным делом!

Процесс решения проблемы в примере 50 требует и знаний, и незаурядной изобретательности, которую и проявили авторы этого изобретения; реальный секрет этого решения состоял в том, что авторы много лет занимались, в частности, исследованиями атмосферных явлений типа торнадо, и когда к ним обратились специалисты теплоэнергетической промышленности для исследования атмосферных явлений в башне градирни, то здесь особые знания исследователей были применены ими напрямую — они создали торнадо в башне!

И еще несколько слов о примере 50. Это одновременно простое и очень не простое решение! Оно кажется простым потому, что Вам открыли его! Точно так же становится простой любая головоломка после ее разгадки! А если ответ Вам подсказали заранее, то головоломка становится еще и неинтересной. А реальную историю создания непростого изобретения я рассказал не для того, чтобы Вы вздохнули и сделали вывод о том, что только узкие специалисты способны на изобретения. Изобретайте сами! Но с ТРИЗ! И Вы достигнете не меньшего! Комплекс из 4 приемов вполне подводил Вас к идее решения, не так ли?! Просмотрите реинвентинг еще раз, и Вы обязательно увидите это.

Да, решатели обладают неодинаковыми способностями и мотивацией, а также различной подготовленностью. Поэтому результативность и эффективность синтеза идей оказывается различной. Однако, многолетний опыт преподава-

ния и применения ТРИЗ-инструментов убедительно доказал их безусловную полезность для каждого, кто правильно понял и освоил ТРИЗ. В отличие от всех других подходов, ТРИЗ действительно позволяет научиться изобретательно мыслить, научиться изобретать.

ТРИЗ учит конструктивно использовать опыт других изобретателей, аккумулированный в ТРИЗ-инструментах. А остальное находится во власти Вашей мотивации, способностей и подготовленности! Полезные рекомендации, улучшающие Ваши личные возможности решения проблем, Вы найдете в разделе 19. Интеграция ТРИЗ в профессиональную деятельность.

И все же для полной правды нельзя умолчать еще об одной реальности, всегда присутствующей в создании отличной идеи. Это что-то трудно уловимое и трудно выразимое, что обычно относят к случайности, к стечению обстоятельств, к удаче. Так пусть удача также сопутствует Вам! Тем и интересна игра с неизвестным, открытие чего-то, о чем еще никто в Мире, кроме Вас, не знает! До Вас, до Вашего изобретения, этого в Мире не было! Вы приносите это в Мир!

9.4. Классификация А-Моделей трансформации

При развитии ТРИЗ первыми появились специализированные трансформации для разрешения технических противоречий — А-Приемы. Сначала это был небольшой список в 10–12 рекомендаций для алгоритма изобретения АРИЗ-1961, близкий к списку контрольных вопросов из брейнсторминга. В АРИЗ-1971 список превратился в каталог из 40 приемов, а для выбора приемов была разработана специальная А-Матрица, входами в которую являются 39 факторов, принимающие в модели противоречия позитивные либо негативные значения. В конце 1980-х годов нами внесено принципиально новое структурирование в А-Каталог (все приемы были упорядочены по частоте их применения в А-Матрице) и в А-Матрицу (структурноеование входов по системным и физическим признакам), а также был четко сформулирован специальный метод комбинирования приемов — метод CICO (см. раздел 11.4).

В середине 1970-х годов в ТРИЗ были сформулированы первые правила для разрешения физических противоречий и первые 18 моделей, в которых экторами являются физические и «технические» поля и вещества (физико-технические модели), которые для АРИЗ-1977 выросли в 77 комплексных трансформаций, называемых стандарты или, в нашей редакции, — А-Стандарты. В конце 1980-х в ТРИЗ был разработан Алгоритм выбора А-Стандартов.

В начале 1980-х в ТРИЗ сформировалась полная таблица фундаментальных трансформаций для разрешения именно физических противоречий (была опубликована в АРИЗ-1985). Фундаментальными мы называем эти трансформации потому, что как минимум одна из них всегда присутствует в любом решении.

В течение многих лет в классической ТРИЗ накапливались каталоги базовых трансформаций, более известных под названием технические эффекты. Самы

по себе эти модели не предназначены для непосредственного разрешения противоречий, а представляют собой перечень различных физических, геометрических, химических и других явлений (эффектов), применение которых дало интересные и сильные изобретения. Именно характер этих моделей, основанных на физико-технических эффектах, и дает основание отнести их к базовым, дающим принцип технической реализации.

Применение моделей трансформации требует немалого навыка и опыта. Необходимые правила и примеры приводятся далее в разделах 10–13. Выбор класса моделей трансформации (рис. 9.24) зависит от вида модели противоречия или выбранного вида ресурса, но в целом не вызывает особых затруднений.

Общее правило, которое следует знать и помнить относительно моделей трансформаций, заключается в том, что любая из этих моделей сама по себе как бы совершенно нейтральна по отношению к решаемой Вами проблеме.

Выбранная Вами модель трансформации может стать полезной только при реализации сразу нескольких условий:

- 1) Вы понимаете суть изменений, которые модель трансформации предусматривает;
- 2) Вы интерпретируете эту модель (находите сходство, аналогии) применительно к Вашей проблеме;
- 3) и, самое главное, — Вы создаете изменения и устраняете проблему на основе применения к ней рекомендуемой трансформации!

И еще одно важнейшее правило заключается в том, что проблема может считаться решенной только при безусловном выполнении следующего требования: противоречие проблемы должно быть устранено!

Практикум к разделам 6–9

7. Кубик льда. До сих пор многие типы холодильников имеют формы для приготовления пищевого льда, не отвечающие идеальному конечному результату по извлечению кубиков льда из формы. Рычажные механизмы, которыми снабжается форма, ломают лед, и кубик теряет свою форму. Примените функциональное идеальное моделирование для создания такой формы, из которой лед будет извлекаться сам.
8. Агрессивная жидкость. Для проведения испытаний металлического кубика на его взаимодействие с особо агрессивной жидкостью этот кубик опускают в кювету (настольная ванна), после чего наливают туда эту жидкость. Кювета быстро выходит из строя, иногда за один эксперимент. Сформулируйте идеальный конечный результат и предложите изменение схемы эксперимента.
9. Колпачок для свечи. В некоторых ресторанах длинную цилиндрическую свечу прикрывают колпачком, чтобы свет от свечи не попадал прямо в глаза. Но по мере горения и испарения свечи огонек опускается ниже колпачка. Как сделать, чтобы огонек свечи все время оставался под колпачком?
10. Кремлевские звезды. На высоких башнях Кремля в Москве установлены огромные звезды, диаметр которых достигает 6 метров. Как уменьшить опасность того, что звезды будут повреждены при сильном ветре?
11. Заварник для чая. Когда в заварнике остается не много жидкости, чаинки легко попадают из заварника в чашку. Можно, конечно, опускать чайные листики в пакетиках или в металлической сетке. Но это не всегда удобно, особенно если есть желание приготовить смесь из разных сортов чая. Пусть заварник сам не дает чаинкам уноситься жидкостью, когда ее остается не много.
12. Игрушка. Дети растут. А игрушки остаются маленькими. Вот если бы некоторые игрушки тоже «росли»! Предложите такие конструкции.
13. Переход на пляж. Для того, чтобы песок с пляжа не переносился обувью на прогулочную зону, используется... Продолжите фразу.
14. Тренировка по прыжкам в воду. На тренировке по прыжкам в воду спортсмены раньше получали ушибы и более серьезные травмы при неудачном исполнении прыжка и неправильном входе в воду. Как уменьшить опасность травмы при тренировке прыгунов в воду?
15. Поезд метро. В ночное время, а также в субботу и воскресенье расписание предусматривает меньшее количество поездов. Но это как раз доставляет немало неудобств для пользователей. Какой еще способ экономии применяется

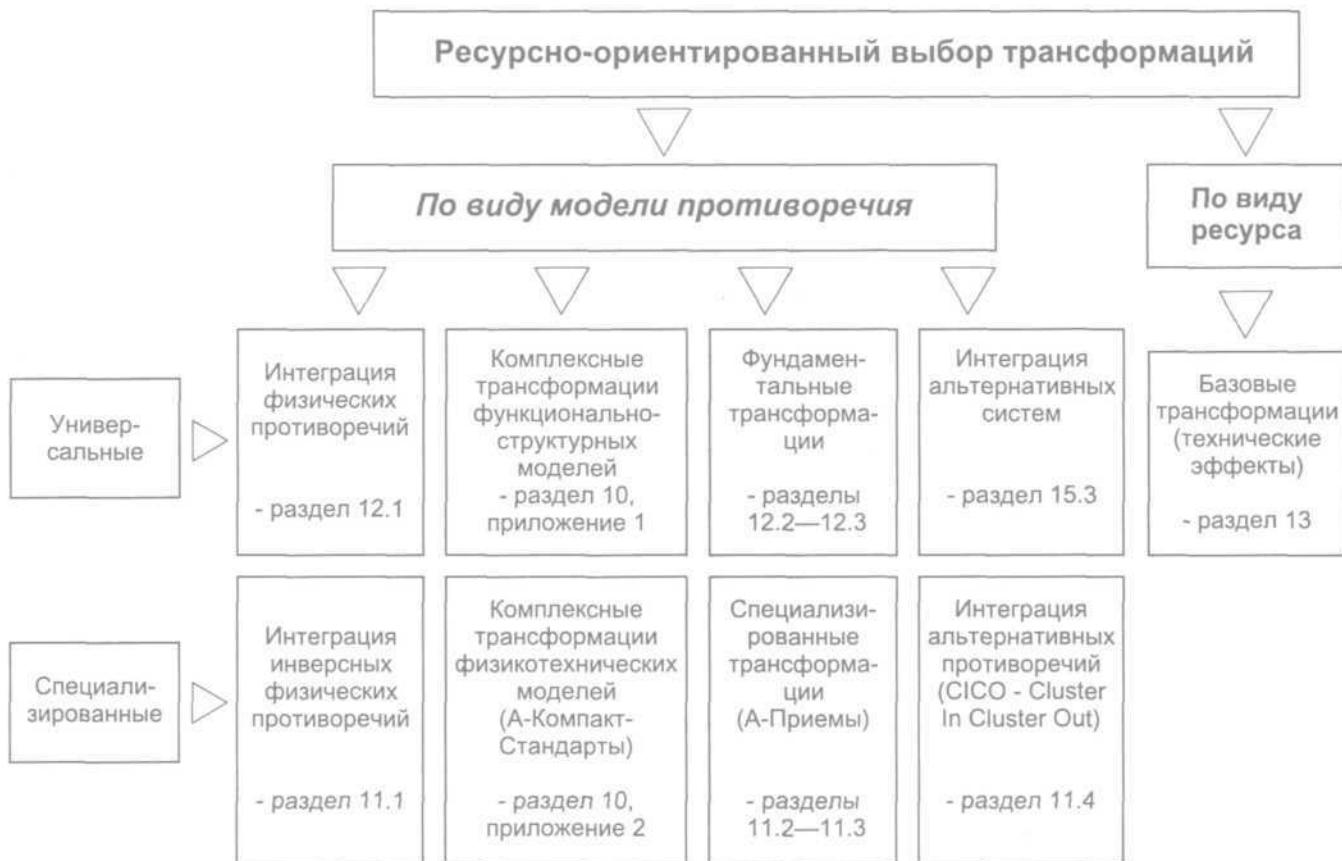


Рис. 9.30. Классификация А-Моделей трансформации

в эти интервалы времени? Можно ли сделать этот способ основным вместо изменения расписания движения?

16. Ги де Мопассан и башня Густава Эйфеля. Известно, что писатель Мопассан был в числе многих противников использования башни после окончания всемирной выставки 1889 года в Париже. Вместе со многими другими знаменитостями он подписал открытое письмо, в котором высказывал мнение о том, что башня навсегда испортит облик Парижа, так как будучи видимой с самых отдаленных окраин города, лишит жителей и туристов удовольствия созерцать традиционные городские пейзажи. Сегодня башня является одним из символов Парижа. Зная о нелюбви писателя к башне, один журналист был немало удивлен, когда встретил писателя в ресторане, устроенном в этой башне. Как объяснил знаменитый писатель удивленному журналисту свое посещение (частое!) этого ресторана?

17. Направление движения жидкости в трубе. Вернитесь к примеру 35 и представьте себе, что пробку из замороженной воды нужно создать с той стороны, откуда вода поступает по трубе. Направление течения воды в трубе неизвестно. Нужно быстро определить его, ведь ситуация аварийная!

18. Полки в обувном магазине. Стеллажи в магазине обуви полностью заставлены коробками с разной обувью. Как устроить полки вдоль стеллажей для демонстрации образцов обуви, если количество типов образцов и количество коробок на стеллажах часто меняется?

Классические навигаторы изобретения А-Студии

Чаще всего изобретатель применяет два или три хорошо освоенных приема. У наиболее методичных изобретателей эксплуатируются пять — семь приемов.

ТРИЗ увеличивает творческий арсенал, включая в него десятки приемов, составляющих в совокупности рациональную схему решения задач...

При этом направленные поиски отнюдь не исключают интуицию. Напротив, упорядочение мышления создает настройку, благоприятную для проявления интуиции.

Генрих Альтшуллер

10. Навигаторы стандартных решений

10.1. Таблица комплексных трансформаций

В каталоги комплексных трансформаций для настоящего учебника пошли каталог «Функционально-структурные модели» (Приложение 1) и каталог «А-Компакт-Стандарты» (Приложение 2). Содержащиеся в этих каталогах рекомендации представлены в весьма общем виде, допускающем разнообразные интерпретации и реализации. Например, идея решения может затронуть несколько ресурсов или оказаться комбинацией (комплексом) нескольких более специализированных трансформаций, таких, например, как А-Приемы или физико-технические эффекты. Эта особенность и определила название «комплексные трансформации».

Каталог «Функционально-структурные модели» предназначен для получения решения в общем виде для 6 случаев системных конфликтов, которые сводятся к структурным моделям, представленным в этом каталоге. Решения в общем виде, предлагаемые для двух групп моделей (по три модели в группе), в основном ориентируют на поиск наиболее экономичного решения в соответствии со стратегией Минимальная задача (см. раздел 14.1 Развитие систем). Эти модели, а также применяемые для них способы решений, встречаются чрезвычайно часто, и поэтому были названы в ТРИЗ «стандартными».

Каталог «А-Компакт-Стандарты» содержит более подробные рекомендации по реализации стандартных трансформаций для моделей, представленных в каталоге «Функционально-структурные модели». Эти рекомендации (всего 35) сведены в 5 групп, отражающих основное содержание трансформаций. В целом каталог «А-Компакт-Стандарты» представляет собой адаптированный (сжатый) ТРИЗ-Каталог «Стандарты», содержащий 77 стандартных трансформаций. Адаптация произведена с целью исключения избыточности из исходного полного каталога. Компакт-каталог намного проще, по крайней мере, для первого ознакомления со стандартными моделями.

Общая схема применения комплексных моделей заключается в следующем:

- 1) на этапе Диагностика или Редукция строится функционально-структурная модель конфликта в оперативной зоне;
- 2) если вид функционально-структурной модели соответствует одному из типов, приведенных в Каталоге «Функционально-структурные модели», то

- можно переходить к этапу Трансформация для поиска конкретной идеи на основе решения в общем виде, выбранного из этого каталога;
- 3) в соответствии с выбранным направлением поиска решения подобрать более точные рекомендации из каталога «А-Компакт-Стандарты»;
 - 4) если с учетом особенностей конкретной задачи трудно подобрать подходящие точные рекомендации, или они трудно интерпретируются, то перейти к другим моделям, например, на основе противоречий.

Рассмотрим учебно-практические примеры, придерживаясь принятого в этом учебнике правила: от простого — к сложному. Наша цель состоит в том, чтобы продемонстрировать необходимые методические шаги при работе с каталогами этих и других моделей. Немало технических особенностей просто невозможно показать в книге такого относительно небольшого объема, как этот учебник. Именно поэтому примеры раскрываются через главные практические операции, а соответствующие разделы с описанием примеров названы «принципами применения» моделей решений.

10.2. Принципы применения стандартных решений

Пример 51. Диск штанги. При опускании штанги на пол в тренировочном зале создается повышенный шум, а пол при этом серьезно повреждается. Построим функционально-структурную модель этой проблемной ситуации (рис. 10.1).

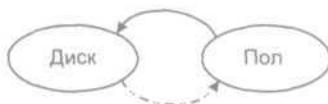


Рис. 10.1

Пол позитивно действует на диск, останавливая его движение. Диск же оказывает на пол негативные воздействия, описанные выше. По каталогу «Функционально-структурные модели» выбираем первую модель, где диск соответствует компоненту В, а пол — компоненту А.

Рекомендации из правой крайней колонки и их интерпретация:

- заменить или изменить вещество одного или обоих компонентов: выполнить диск из более мягкого материала (но тогда он станет слишком большим, чтобы весить столько же, сколько и стальной); сделать пол из более прочного и звукопоглощающего материала (дорого!);
- внести добавки внутрь или на поверхность компонентов или в среду: надать на диск толстое резиновое кольцо (контрольное решение 1); положить толстый резиновый ковер на пол (контрольное решение 2);
- изменить характер действия: опускать штангу медленно (это мешает тренировке, но можно создать для этого специальные технические решения, не ограничивающие, конечно, свободы движения штангиста).

Пример 52. Разъем платы. Золотые контакты разъемов некоторых плат обладают очень хорошим (минимальным) контактным сопротивлением, но быстро истираются, так как золото относительно мягкий металл. В результате контактное сопротивление постепенно растет до недопустимого значения, и тогда разъем или плату в целом нужно менять.

Схема, представляющая эту проблему, симметрична относительно контактов штыревой и гнездовой частей разъема (рис. 10.2). Это означает, что обозначения А и В здесь равноправны. Схема соответствует второй модели из таблицы «Функционально-структурные модели»

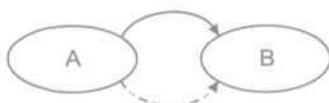


Рис. 10.2

Рекомендации из правой крайней колонки аналогичны, но их интерпретация исходит из знания физико-химических процессов в контактных парах и доступна, конечно, специалистам:

- заменить или изменить вещество одного или обоих компонентов: этого делать нельзя по условиям эксплуатации плат;
- внести добавки внутрь или на поверхность компонентов или в среду, в результате исследований было установлено, что включение микродобавок алмаза в золотое покрытие контактов увеличивает контактное сопротивление на 5–10 %, зато долговечность контакта возрастает в 3–5 раз!
- изменить характер действия: не вдвигать контакты, чтобы не было истирания от трения, а прижимать их в гнездовой части — не даст эффекта в аппаратуре, устанавливаемой на подвижных системах, работающих в условиях вибрационных и ударных нагрузок.

Пример 53. Медные проводники на микрочипах. Фирма IBM в 1997 году сообщила о возможности замены в микросхемах алюминиевых проводников на медные. Медь лучше проводит ток, и поэтому дорожка шириной в 0,2 микрона заменяет алюминиевую дорожку шириной в 0,35 микрон.

Возникающая экономия места на кристалле позволяет в 3 раза увеличить количество электронных компонентов на чипе, повысить быстродействие и снизить потребление энергии. Однако, атомы меди диффундируют в кремний, изменяя его свойства и нарушая работу схемы.

В принципе эта модель может быть приведена к модели, рассмотренной в предыдущем примере. Но мы рассмотрим более подробную модель (рис. 10.3).

Здесь медный проводник А улучшает функциональные показатели всей системы В, но постепенно изменяет свойства кремниевого основания С, что влечет ухудшение работы всей схемы В. Ближе всего подходит к этой модели структура 5 из таблицы «Функционально-структурные модели». И вновь интерпре-

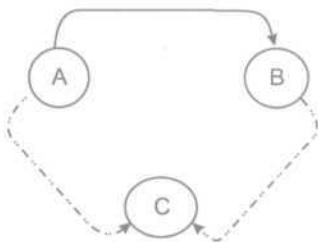


Рис. 10.3

тация рекомендаций из правой крайней колонки исходит из знания физико-химических процессов в полупроводниковых материалах. Однако механизм решения проблемы универсален и не зависит от отраслевого происхождения задачи!

Главным является сходство моделей — реальной и стандартной, взятой из каталога! И это главное, что мы стремимся показать в этих примерах. Итак, предложено изменить состав, например, ввести ресурс-посредник: между кремнием и медным проводником помещают изолирующую прослойку из материала, состав которого является Know how фирмы IBM. Кстати, полезно также рисовать результирующие модели. Модель для данного примера показана на рис. 10.4 (D — посредник, прослойка). Линии без стрелок означают нейтральные взаимодействия.

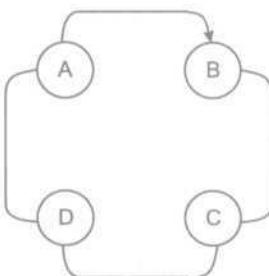


Рис. 10.4

Пример 54. Гранулы для сбора нефти. Известны пористые плавучие гранулы, хорошо впитывающие нефть. Такие гранулы можно разбрасывать на поверхность нефтяных пятен, образовавшихся при утечке нефти из поврежденных танкеров. Проблема состоит, однако, в том, что гранулы легко разносятся ветром и волнами.

Вполне понятно, что мы имеем здесь дело с моделью 5 — неэффективное или отсутствующее действие (рис. 10.5). Представим себе идеальный конечный результат: гранулы А и В сами держатся друг за друга и не разносятся по воде.



Рис. 10.5

Речь может идти о совмещении двух стандартов решения этой проблемы: S1 (введение добавок) и S2 (повышение управляемости) — создание нужного действия за счет введения полей. Просмотр двух компакт-стандартов вполне ясно позволяет получить контрольное решение: в гранулы вводятся намагниченные частицы, в результате чего гранулы достаточно прочно притягиваются друг к другу. Здесь присутствует сверхэффект: такие гранулы помогают удерживать нефтяное пятно от рассеивания по большей поверхности.

Пример 55. «Бронированная» бутылка. Стеклянные бутылки не создают никаких негативных воздействий на хранимые жидкости. Они могут использоваться многократно, несколько десятков раз. Однако, они имеют большой вес и могут разбиваться. Достаточно полная модель свойств стеклянной бутылки A содержит позитивное действие на хранимую жидкость B и потенциальные негативные воздействия на условную транспортную систему C (большой вес для перевозки) и окружающую среду D (если бутылка разбивается).

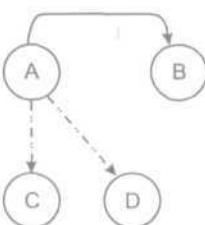


Рис. 10.6

Конкурирующие полимерные бутылки могут при длительном хранении оказывать негативное воздействие на содержимое, например, на запах хранимой в них воды. Их преимуществом является малый вес и то, что они не разбиваются. Недостатком является и то, что они не используются повторно. Для этой системы можно построить модель (рис. 10.7), которая по всем параметрам является альтернативной системой по отношению к стеклянной бутылке.

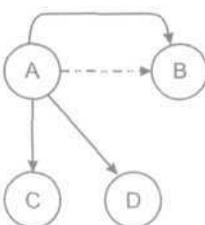


Рис. 10.7

Для стеклянной бутылки речь может идти о ее развитии как системы путем приобретения дополнительной функции — повышения прочности, но с одновременным снижением веса, что несет в себе острейшее классическое противоречие. Более прочная бутылка должна иметь более толстые стенки, а значит

будет иметь еще больший вес. Однако, к постановке проблемы формально подходит стандарт S4.3 Увеличить функциональную нагрузку на систему и ее части.

Для полимерной бутылки подходит как этот же стандарт, так и рекомендация о введении добавок, например, на внутреннюю поверхность полимерной бутылки для устранения непосредственного контакта полимерных материалов с хранимой жидкостью.

К обеим системам подходит и стандарт S4.1 Использовать объединение объекта с другой системой в более сложную би- или полисистему. Такое объединение особенно выгодно делать именно для альтернативных систем, с которыми мы и встретились в данном примере (подробности см. в разделе 15.3 Интеграция альтернативных систем).

Такая бисистема и была создана в Дюссельдорфе (Германия): новая стеклянная бутылка покрыта «броней» из прозрачной полиуретановой пленки толщиной 0,1 мм. При той же прочности толщина стенок бутылки стала намного меньше (1,4 мм). Упаковка с 6 литровыми бутылками весит на 3,5 кг меньше, чем с прежними стеклянными бутылками! А пивная бутылочка на 0,33 литра вдвое легче своего прототипа. Даже если такая бутылка разбивается, осколки остаются как бы в пластиковом пакете и не разлетаются! Бутылка может использоваться до 70 раз, а потом поступает на переплавку.

Пример 56. Бритва Жиллет. Бритвы прошли большой путь развития. Однако остановки в прогрессе не видно. При этом сделать в старых системах что-то новое и престижно, и выгодно. Ну что, казалось бы, можно придумать нового в станке для бритья? Тем более, что структурная модель оказывается не слишком информативной (рис. 10.8).

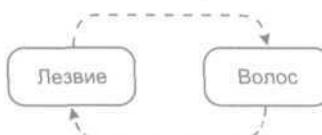


Рис. 10.8

Для чистого срезания волос приходится делать многократные движения, что увеличивает время бритья. Поэтому основную стрелку можно представить прерывистой линией (неэффективное действие). Волос негативно действует на лезвие, постепенно притупляя его, что также снижает эффективность основного действия.

Здесь мы имеем комбинацию моделей 1 и 6. А в целом речь может идти о развитии функциональной нагрузки на режущую часть бритвы. В этом случае нужно начинать с интерпретации стандарта S4, например, с рекомендации образования би- или полисистем. Что и было сделано на фирме Жиллет: новый станок имеет три параллельно расположенных лезвия, сдвинутых на оптимальный шаг также и по высоте, что обеспечивает за один проход срез волоса до трех раз на разных уровнях. Сверхэффекты: сокращение числа проход-

дов, а значит, и времени на бритье, увеличение срока службы бритвы. Этот пример полезно переработать самостоятельно с учетом влияния упругости волоса (на разной высоте от его основания) на успешность резания одним лезвием, а затем двумя или тремя.

Пример 57. Стадион «Франция». Трибуны легкоатлетического и футбольного стадиона «Франция» в Сен-Дени (северный пригород Парижа) сверху защищены навесом в виде горизонтального диска с отверстием в центре (рис. 10.9). Диск удерживается вантами на 18 стальных мачтах почти на 50-метровой высоте. При проектировании необходимо было принять меры, чтобы шум со стадиона не мешал жителям ближайших кварталов. Модель функционального взаимодействия компонентов имеет следующий вид (рис. 10.10). Действительно, навес А защищает зрителей В от непогоды и солнца, но шум с трибун отражается навесом А и распространяется на соседние кварталы С.

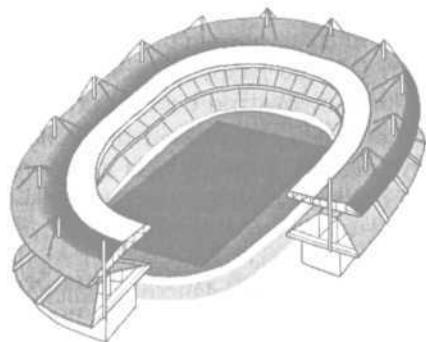


Рис. 10.9

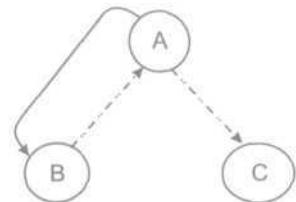


Рис. 10.10

Реинвентинг показывает, что модель по рис. 10.10 как бы состоит из моделей 1 и 5, поэтому можно начинать со стандарта S1, например, введение добавок по рекомендациям S1.2 и S1.5. Контрольное решение: для поглощения звуков в отделке внутренней части диска используется минеральная вата.

Пример 58. Бетонные конструкции. Здесь мы рассмотрим несколько различных изобретений, в основе которых лежат различные способы введения «добавок». Более того, сами «добавки» не имеют между собой ничего общего. Именно это и показывает универсальный характер моделей ТРИЗ и возможность их широкого применения практически в любой отрасли. ТРИЗ-модели — это модели мышления, именно изобретательского мышления, а не модели специальных профессиональных знаний или процессов каких-то промышленных технологий. Модели ТРИЗ имеют междисциплинарный и межотраслевой характер. Это модели, полученные из изобретений, и для создания новых изобретений. Это полезные модели для постоянного применения в инженерной проектной или управлеченческой практике.

Связь четырех изобретений и их комбинаций будет легче понять из схемы (рис. 10.11). В этих нескольких примерах содержатся те или иные рекомендации из всех пяти компакт-стандартов.



Рис. 10.11. Схема связи технических решений для учебного примера

Бетон с диоксидом углерода. Бетонные шпалы на японских сверхскоростных железнодорожных линиях выдерживают лишь около трех лет, после чего их нужно менять. Понятно, какой значительный экономический эффект способно дать удлинение срока службы бетонных изделий.

Прочность бетона в естественных условиях растет со временем из-за реагирования с диоксидом углерода (углекислым газом), содержащимся в воздухе, в результате чего бетон превращается в известняк. Но этот процесс длится тысячелетия! Так что детали под нагрузкой успевают быстро разрушиться. Бетон для шпал имеет очень маленькие поры. Он не набирает быстро своей прочности потому, что образующаяся при реакции с первыми порциями диоксида углерода вода заполняет поры и закрывает доступ новых порций газа в толщу изделия. Для ускорения этого процесса изделия помещали в камеры с повышенным давлением, но это мало помогло.

В 1994 году американский инженер Р.Джонс изобрел способ упрочнения бетона с помощью так называемого сверхкритического диоксида углерода, получаемого при давлении выше 73 атмосфер и при температуре выше 31 °С. В этих условиях диоксид углерода становится жидкостью с высокой проникающей способностью и полностью пропитывает изделие. Тысячелетнее упрочнение бетона стало возможным за несколько минут!

Прочность такого бетона возрастает вдвое! В новом способе упрочнения бетона обнаруживаются два сильнейших сверхэффекта. Во-первых, в изделиях, полученных по новому способу, исключается ржавление стальной арматуры внутри изделий, что часто становится причиной недопустимого снижения прочности конструкций. Во-вторых, получен замечательный экологический эффект, настоящее обращение вреда в пользу (см. рис. 8.8 с рекомендациями по выбору ресурсов). Цемент, входящий в состав бетона, делают из карбонатных пород, обжигая их в цементных печах. При этом в атмосферу выбрасывается огромное количество углекислого газа как из обжигаемых горных пород, так и от сжигаемого ископаемого топлива. Новый процесс упрочнения бетона поглощает много диоксида углерода и тем самым значительно компенсирует вред, наносимый природе.

Реинвентинг показывает, какие стандартные рекомендации и каким образом фактически присутствуют здесь:

S1.4 — дополнительное вещество может быть производным от веществ, уже имеющихся в системе: изменению подвергался уже применяющийся ранее диоксид углерода;

S1.8 — вводят обычную добавку, но располагают ее концентрированно: изменение состояло в многократном увеличении концентрации обычной добавки;

S1.11 — вещество получают изменением агрегатного состояния части объекта или внешней среды: увеличение концентрации достигнуто изменением агрегатного состояния применявшейся ранее добавки: газ диоксид углерода был переведен в жидкое состояние;

S2.1 — превратить часть объекта в управляемую систему: сверхкритический диоксид углерода обладает гораздо более управляемыми свойствами, чем газообразный;

S2.4 — использован фазовый переход вещества;

S4.2 — ускорить развитие связей между частями системы: увеличена интенсивность воздействия диоксида углерода на бетон.

Цель этого примера состоит в том, чтобы Вы могли проследить формирование идеи решения и понять принцип, с помощью которого и Вы, будучи специалистом в своей отрасли, можете изучать и подбирать эффективные стандартные рекомендации для своих задач. Главное состоит в том, чтобы подбор рекомендаций осуществлялся на основании содержания проблемы, а не путем сплошного просмотра стандартов, хотя и это в крайнем случае возможно. В любом варианте полезен следующий совет: просматривать рекомендации надо так, чтобы было время понять и интерпретировать их применительно к условиям решаемой задачи.

Пористый бетон. Широкое распространение в строительстве имеет так называемый пористый бетон с размерами воздушных пор диаметром до 3 мм. Поры могут занимать до 90 % объема материала. Поробетон обладает многими достоинствами: малый вес, отличные теплозащитные свойства с одновременной паро- и воздухопроницаемостью (сравнимыми с бревенчатыми конструкциями), негорючесть и нетоксичность, возможность свободно забивать в него гвозди, пилить и сверлить. Но производство такого бетона требует дорогостоящего оборудования (автоклавы, пеногенераторы, помольные агрегаты) и больших энергозатрат. К тому же поры имеют большой разброс размеров и недостаточно равномерно распределяются в объеме изделия.

Институт бетона и железобетона в Москве (Россия) разработал технологию на основе специальных химических добавок, которые создают поры определенного размера, равномерно распределенные в объеме изделия без применения указанного сложного и энергоемкого оборудования.

В учебных целях здесь достаточно определить, какие стандарты присутствуют в этом изобретении. Прежде всего отметим, что само по себе введение пор в вещество есть реализация стандарта S1.5. Далее, ключевую роль здесь сыграл стандарт S1.10 — вещество вводят в химическом соединении, из которого оно выделяется в нужное время. Но не менее важно обратить внимание на стандарт S5.3 — использовать возможность реализации функций системы на микроуровне (на уровне вещества или/и полей): здесь мы имеем пример мощного свертыва-

ния системы — исключено дорогостоящее, энергоемкое и неэффективное оборудование!

Гибкий бетон. Тот же институт в Москве разработал технологию производства железобетонных... гибких плит! Они пригодны для формирования криволинейных поверхностей, в том числе для наружных стен, при лом между гибкой плитой и основной стеной может закладываться тепло- и гидроизолирующая прослойка.

Обычная железобетонная плита негибкая из-за жесткой арматуры, для которой используются стальные стержни. Фактически, в такой задаче целью является повышение функциональных возможностей объекта (развертывание по стандарту S4.3), использование возможности распределения несовместимых свойств между всей системой, наделяемой свойством гибкости, и частью этой системы (поверхностью изделия), наделяемой антисвойством — твердостью (свертывание по стандарту S5.2) и превращение части объекта (вещества) в управляемую систему — введение особой арматуры и способа ее получения (повышение управляемости по стандарту S2.1).

Гибкость плит достигается тем, что в качестве арматуры используются предварительно натянутые высокопрочные стальные канаты, а процесс получения готовой пластины включает дополнительное уплотнение смеси и специальную многочасовую термовлажностную обработку. В итоге по новой технологии получают легкие и прочные плиты толщиной 3–6 см при ширине до 3 м и длине в 12, 18 и 24 метра (рис. 10.12)!



Рис. 10.12

Бетон с датчиками напряжения. Для испытания строительных конструкций создают специальные образцы железобетонных изделий. Для измерения внутренних напряжений в конструкции применяется сеть тензометрических датчиков, закладываемых вместе с арматурой в бетонную массу при изготовлении опытных образцов. Здесь прямо использован стандарт S3.4 — использовать возможность введения добавок в уже имеющиеся вещества (включая внешнюю среду) и/или на поверхность объекта для получения легко обнаруживаемого (измеряемого) поля, по которому можно судить о состоянии наблюдаемого объекта. Такое же решение может быть применено в реальных строениях (стены и фундаменты высокоточных производств, строения в сейсмически опасных регионах, мосты, высотные здания и телерадиокоммуникационные башни) для постоянного наблюдения за их деформациями

Комбинирование идей. Хорошее решение влечет за собой обычно целую серию новых идей (см. также раздел 17.2 Развитие решения). Так, например, для раз-

вития идеи обработки бетона сверхтекучим диоксидом углерода были предложены следующие продолжения.

Краска плохо проникает в поры плотного бетона и плохо защищает конструкцию от проникновения влаги. Если же при производстве строительных конструкций окрашенное изделие обрабатывается сверхтекучим диоксидом углерода, то краска плотно заполняет мельчайшие наружные поры и даже проникает достаточно глубоко под поверхность изделия. Последний результат образует сверхэффект: возрастает долговечность самой краски. Здесь присутствуют стандарты S1.1, S1.2, S1.8, S2.1, S4.1, S5.3. Рассмотрите их совместно применительно к этому примеру.

Эти же стандарты работают в следующей комбинированной идее: вносить в бетон с помощью сверхтекучего диоксида углерода хорошо растворимые в нем вещества, например, полимеры. В результате бетон приобретает свойство упругости, что может быть полезным для создания дорожных покрытий.

Жидкий диоксид углерода достаточно устойчив, что позволяет применять его для обработки поверхностей уже существующих строений. С его помощью можно обеспечить высококачественную окраску гибких бетонных пластин большого размера. Это сделает строения более устойчивыми к воздействию кислотных дождей и естественных атмосферных явлений.

В заключение можно сделать некоторые дополнительные выводы. Несмотря на кажущуюся простоту, а иногда и тривиальность рекомендаций, заключенных в формулировках стандартов, надо иметь в виду, что они все же являются моделями достаточно сильных изобретений, и что их выбор для конкретного применения может дать искомый эффект без построения более сложных моделей. Еще более сильные результаты могут быть получены при совместном применении стандартов с законами и линиями системного развития. И последнее: модели не заменяют профессиональных знаний, а помогают структурировать проблемную ситуацию и наметить направление решения.

11. Навигаторы решения технических противоречий

11.1. Интеграция инверсных технических противоречий

На практике встречается немало случаев, когда сама формулировка противоречия почти прямо подсказывает идею решения. Поскольку инженеры, не знакомые с ТРИЗ, не используют модели противоречий в том виде, в котором это предлагает ТРИЗ, постольку они заранее лишены возможности быстро находить простые и эффективные решения во многих таких стандартных ситуациях. Напротив, систематическое применение ТРИЗ-моделей обеспечивает высокую направленность и дисциплину решения проблем, умение видеть реальные возможности или ограничения на генерирование решений.

Особенно наглядно это можно показать именно на простых примерах, решение которых без ТРИЗ-моделирования также потребовало когда-то немалого времени или было приятной случайной находкой. К числу таких примеров относятся ситуации, в которых совместное рассмотрение инверсных противоречий почти прямо подсказывает идею решения. Это особенно свойственно моделям, инверсным по способу выполнения основной операции, непосредственно ведущей к реализации главной полезной функции объекта.

На основе подобных примеров в 1987 году автором настоящего учебника был сформулирован Метод интеграции инверсных технических противоречий. Суть его сводится к следующему:

- построить прямое и инверсное технические противоречия;
- построить интегрированную модель, в которой соединены вместе альтернативные описания функциональных действий экторов и из взаимно-инверсных моделей взяты только позитивные свойства (плюс-факторы).

Посмотрите еще раз определения противоречий в разделе 9.1 Противоречия, в частности по рис. 11.1 Обобщенная графическая форма представления бинарных противоречий.

Пример 59. Виноградная лоза (решение с помощью интеграции инверсных технических противоречий). В этом примере имеется одна интереснейшая возможность решить задачу уже при построении моделей противоречий на этапе Редукция. Рассмотрим эту возможность, начиная с записи инверсных противоречий (рис. 11.1).



Рис. 11.1. Бинарные модели для примера 6: а — прямая; б — инверсная

Чтобы выйти на решающую модель-подсказку, достаточно соединить вместе (конъюнктивно) инверсные функции-действия и плюс-факторы из моделей 11.1,а и 11.1,б: «укладка лозы на землю» и «оставление лозы на шпалерах» дает «потери лозы (малы)» и «потери времени и затраты труда (отсутствуют)» — низкую трудоемкость укладки.

Так как укладка лозы на землю является обязательной функцией, то целью могло быть лишь снижение трудоемкости этой операции. Поэтому и введена динамизация в конструкцию шпалеры. Обратите внимание, что при этом удовлетворено и основное действие по инверсной модели — оставлять лозу на шпалерах, но на лежащих шпалерах!

Пример 60. Нагрев кремниевой пластины. В одной из операций кремниевую пластину нагревали термоизлучателем, протянутым над пластиной в виде узкой прямой планки. В этой планке находился нагревательный элемент в виде плотно навитой спирали. Проблема заключалась в том, что в центральной части под нагревающей планкой температура устанавливалась выше, чем по краям. Это приводило к тепловой деформации пластин. Что и как было изменено позднее в этой системе?

Будем считать, что этап Диагностика описан в постановке задачи. Дополним исходную информацию рисунком (рис. 11.2). Приступая к Редукции, построим модели противоречия.

Техническое противоречие: нормальное тепловое поле (спирали-индуктора) нагревает пластину (рецептор), но создает перегрев в центре пластины. Ин-



Рис. 11.2. Нагрев и деформация пластины

версное противоречие: слабое тепловое поле (спирали) не перегревает центр пластины, но не нагревает достаточно ее края.

Обратим внимание на два момента: первый — по ТРИЗ нужно изменять индуктор, второй — наличие четкого описания альтернативных процессов. Это наводит на мысль применить для решения задачи Метод интеграции технических противоречий. Переходя на этап Трансформация запишем интегрированную модель, заимствовав из обоих противоречий лучшие аспекты: нормальное тепловое поле хорошо нагревает края пластины, а слабое тепловое поле хорошо нагревает центр пластины. Не кажется ли Вам, что от такой «полусказки» остается только один небольшой творческий шаг к идеи технического решения? Сделаем этот шаг: чтобы тепловое поле над центром пластины стало слабее, увеличим в этом месте шаг нагревательной спирали! Нарисуйте четкий эскиз самостоятельно.



Рис. 11.3. Бинарные модели для примера 13: а — прямая; б — инверсная

В качестве контр-примера обратим внимание на то, почему интеграция технических противоречий в примере 13 (и многих подобных) не лает нужного эффекта. Подсказку идеи решения почти невозможно увидеть из-за того, что альтернативные действия не имеют явного функционального описания, не показывают, как именно убираются (или не убираются!) осколки (рис. 11.3). Здесь присутствует простое отрицание основного действия.

11.2. А-Каталог и А-Матрица специализированных навигаторов

Самыми известными, и, пожалуй, самыми популярными ТРИЗ-инструментами являются «приемы». Рассмотренные до этой главы примеры уже дали, несомненно, определенное представление об этих инструментах. Теперь нам предстоит закрепить основные правила и уточнить некоторые особенности применения приемов.

Разумеется, далеко не все задачи сдаются на этапе Диагностика или Редукция, как это мы видели в предыдущем разделе 11.1. И тогда начинается поиск способа устранения выявленного системного противоречия, точнее, — устранения условий, вызывающих это противоречие.

Здесь уже нет «единственной» цепи логических операций. Здесь приходится искать. Но можно ли в таком случае говорить о научном методе? Да, можно.

Во-первых, модели строго направляют поиски: специалист ищет не какую-то «озаряющую» идею, а способ изменения конкретных условий, которые вызвали системное противоречие. Специалист знает, что ему нужно, и ищет только, как это сделать.

И моделями искомого решения являются приемы, известные в технике, но не известные применительно к данной задаче (или к данной отрасли техники). Магической формулы нет, но есть приемы, достаточные для большинства случаев.

Во-вторых, поиски ведутся по определенной рациональной схеме, прежде всего по Мета-АРИЗ (или Мини-АРИЗ). Каждая техническая задача по-своему индивидуальна. В каждой задаче есть что-то свое неповторимое. Анализ дает возможность пробиться к главному — к системному противоречию и его причинам. И положение сразу меняется.

Повторим еще раз формулировку одного из важнейших открытий Генриха Альтшуллера, выделив слова самого автора ТРИЗ:

- 1. Изобретательских задач — бесчисленное множество, а типов системных противоречий сравнительно немного.**
- 2. Существуют типичные системные противоречия и существуют типовые приемы их устранения.**

Однако впервые это открытие было реализовано в полной мере только с появлением в 1971 году известной матрицы приемов Генриха Альтшуллера (приложение 3 А-Матрица выбора приемов). А в Алгоритме изобретения образца 1961 года, например, ещё не было деления противоречий на виды и был лишь небольшой список приемов, напоминающий список контрольных вопросов из брейнсторминга! Этот список вырос к 1971 году до 40 приемов (приложение 4 Каталог А-Приемы)!

В АРИЗ образца 1961 года рекомендовался просмотр всех накопленных к тому времени приемов от «простых», часто употребляемых в реальных изобретениях, к «сложным», сравнительно редко встречающимся на практике. В каталоге приемы упорядочены автором учебника по частоте их применения в А-Матрице. Так, наиболее часто встречается прием 01, затем 02 и так далее. В определенной степени это является оценкой частоты применения этих приемов на

практике. Вместе с подприемами в каталоге содержится более 100 конструктивных рекомендаций! Конечно, для их выбора нужен определенный опыт.

Поэтому А-Матрица выбора приемов оказалась исключительно удобным инструментом, особенно для начинающих осваивать ТРИЗ. Типовые приемы — инструменты в творческой мастерской инженера. А в хорошей мастерской инструменты никогда не лежат как попало. А-Матрица служит первым навигатором для перехода от противоречия к приемам на этапе Трансформация.

Переход осуществляется следующим образом:

- 1) построить техническое противоречие, исходя из условий проблемной ситуации;
- 2) для позитивного свойства противоречия подобрать из А-Матрицы плюс-фактор, в наибольшей мере соответствующий физико-техническому содержанию позитивного свойства;
- 3) подобрать минус-фактор из А-Матрицы по аналогии с пунктом 2;
- 4) из ячейки А-Матрицы, находящейся на пересечении строки, определяемой плюс-фактором, и столбца, определяемого минус-фактором, выписать номера приемов из А-Каталога;
- 5) рассмотреть возможности интерпретации приемов из А-Каталога применительно к условиям решаемой задачи с целью устраниить имеющееся противоречие.

Примечание к пункту 1: избегать при начальном определении конфликтующих факторов в модели противоречия использовать названия входов А-Матрицы! Это может привести к неверной модели противоречия из-за искажения ее физического содержания.

Примечание к пунктам 2 и 3: при наличии нескольких плюс- и минус-факторов (входов в А-Матрицу), близких к позитивному и негативному факторам в модели технического противоречия, полезно использовать также и эти факторы для выбора из А-Каталога дополнительного количества приемов. В этом случае можно также воспользоваться методом интеграции альтернативных технических противоречий «CICO» (раздел 11.4).

Для квалифицированных специалистов, основательно работающих с ресурсами, полезно отметить, что входы А-Матрицы реструктурированы автором в две группы: системо-технические факторы с 01-го по 14-й и физико-технические факторы с 15-го по 39-й.

11.3. Принципы применения специализированных навигаторов

«Чаще всего изобретатель применяет два или три хорошо освоенных приема. У наиболее методичных изобретателей эксплуатируются пять — семь приемов. ТРИЗ увеличивает творческий арсенал, включая в него десятки приемов, составляющих в совокупности рациональную схему решения задач...

Необходимо подчеркнуть, что приемы устранения противоречий сформулированы в общем виде. Они подобны готовому платью: их надо подгонять, учитывая индивидуальные особенности задачи⁶⁴.

Итак, рассмотрим особенности применения А-Приемов — от «простых» к более сложным и к группам приемов.

Пример 61. Тушение пожаров на нефтяных и газовых скважинах. Пожар на нефтяной или газовой скважине является огромной экологической катастрофой. Остановить пожар чрезвычайно сложно. Тушение ведут, расстреливая устье скважины из танковых орудий и с помощью бомбометания, надеясь на то, что взорванная земля засыпет скважину. Подвести к скважине другую технику не представляется возможным, так как почва в радиусе многих десятков метров раскалена до температуры в несколько сотен градусов. Известны случаи, когда пожары продолжались несколько месяцев и даже более года. За это время напрасно сгорают сотни тысяч тонн топлива, что наносит огромный вред атмосфере. Почвы и подземные воды вокруг скважины насыщаются нефтепродуктами.

Построим исходное техническое противоречие: чтобы перекрыть выход нефти из устья скважины, нужно обеспечить подход к скважине техники, но огонь не дает этого сделать. Редуцированная модель: плюс-фактор 10 Удобство эксплуатации и минус-фактор 13 Внешние вредные факторы. Приемы и их интерпретация:

04 Замена механической среды — по крайней мере ассоциируется с необходимостью поиска нового принципа действия, смены структуры и динамики действующих сил и полей, то есть нового принципа прекращения, остановки горения (мы убрали термин «тушения пожара»);

05 Вынесение — отделить от зоны горения кислород (воздух), нефть или газ, не дать им поступать в зону горения!

23 Применение инертной среды — по сути дела применение пеногенераторов и есть попытка перекрытия доступа кислорода в зону горения, но эта технология неэффективна;

29 Самообслуживание — идеальная модель: скважина сама прекращает поступление нефти и газа наверх при пожаре!

Лучше всего выглядит последнее предложение. Вопрос в том, как его реализовать? Впрочем, вместе с приемом 05 появляется следующая идея: пробурить наклонную вспомогательную скважину, которая встретится на достаточно безопасной глубине со стволом аварийной скважины, а потом через эту вспомогательную скважину можно будет подать к аварийному стволу и взрывчатку, и специальные растворы, чтобы перекрыть аварийную скважину на глубине какой-то «пробкой».

⁶⁴ Из книги Г. Альтшуллера «Алгоритм изобретения». Москва, 1973 (с небольшим изменением, взятым в скобки — О.М.).

Контрольное решение (рис. 11.4): в России разработан метод, по которому с безопасного расстояния специальный «подземоход» движется под углом для выхода к стволу аварийной скважины на определенной глубине. В месте встречи со стволом аварийной скважины «подземоход» может выполнить работу «подземного бульдозера», постепенно сдавливая и сужая ствол до полного перекрытия перемещаемой к нему породой.

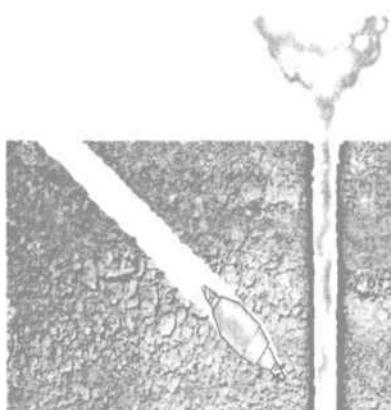


Рис. 11.4. Подземоход идет к стволу горячей скважины.

Следует отметить, что в контрольном решении приему 29 отводится важная роль еще и потому, что «подземоход» использует систему самонаведения на ствол скважины, ориентируясь под землей на сигналы заранее установленных в скважине датчиков.

Не напоминает ли Вам это решение фантастическое произведение типа «Путешествие к центру Земли» Жюля Верна? Представленная здесь идея является одной из многих, предлагавшихся в России, начиная с 1920-х годов, в виде разных «подземоходов» для прокладки труб и кабелей, тоннелей и дорог, для разведки полезных ископаемых, добычи золота или алмазов.

Пример 62. Джинсы... на удобрение. В городе Эль-Пасо (штат Техас, США) несколько фабрик обрабатывают сшитые джинсы с помощью стирки в горячей воде вместе с перекатывающимися в стиральной машине булыжниками. Эта обработка делается по заказу известных джинсовых фирм, например, Levy Strauss. Джинсы обрабатывают также пескоструйными машинами. В результате такой обработки остается много хлопковых очесов. Только одна из фабрик обрабатывает за неделю около 300 тысяч джинсов, выбрасывая на свалку свыше 50 м³ этих отходов. Техническое противоречие: чем выше производительность, тем больше отходов. Редуцируем исходное противоречие к стандартным названиям входов А-Матрицы: производительность как плюс-фактор и вредные факторы самого объекта как минус-фактор. На пересечении первой строки и 14-го столбца находим клетку со следующими приемами: 01 Изменение агрегатного состояния, 06 Использование механических колебаний, 21 Обратить вред в пользу и 23 Применение инертной среды. Конечно, внимание привлекает прием 21,а: использовать вредные факторы для получения положи-

тельного эффекта. Контрольное решение: внесение очесов в почву на полях. Верификация: урожай трав повысился в несколько раз, а всхожесть семян хлопка и пшеницы увеличилась на 60 %. Дело в том, что штат Техас имеет засушливый климат, а очесы в 4 раза повышают водоудерживающую способность почвы.

Пример 63. Новое — это хорошо забытое старое! Здесь мы проведем и реинвентинг, и предложим новые идеи. Одной из серьезных проблем на дорогах является отсутствие информации о дорожной ситуации, сложившейся впереди по направлению движения. Частично, такая информация сообщается по локальному радио полицией, например, о крупных пробках. Но это делается только на больших автобанах и недостаточно для многих других реальных ситуаций. Иногда важно получить более оперативную информацию, которую водитель впереди идущего автомобиля мог бы передать по крайней мере следующему за ним автомобилю. Например, сообщить, что впереди находится временная зона ограниченной скорости (стройка), которой не было на лом участке ранее: замечено неожиданное препятствие — велосипедист; на участке дороги появилось повреждение или гололед, и тому подобное. Особенno такая информация была бы полезна в условиях ограниченной видимости, например, ночью. Полезна была бы также передача информации о технической или медицинской помощи, предупреждение о том, что на борту дети. Причем понятно, что чем выше скорость, тем полезнее заранее сделанное информирование.

Последнее заключение можно рассматривать как исходное техническое противоречие и редуцировать его: 22 Скорость как плюс-фактор и 12 Потери информации как минус-фактор. Рекомендуемые приемы: 10 и 11.

Составим обобщенный «портрет» идеи решения:

10,а: вместо недоступного объекта использовать его копии — например, сообщение о препятствии есть не что иное, как информационная копия объекта, недоступного для непосредственного наблюдения из следующего автомобиля;

10,б: заменить объект или систему объектов их оптическими копиями — например, знаками или словами, передаваемыми назад для следующего сзади автомобиля;

11: сделать неподвижную часть объекта подвижной — в оперативной зоне на корме впереди идущего автомобиля должно быть устройство для информирования следующего за ним автомобиля, например, оптическим способом.

Еще в конце 1980-х годов фирма Форд испытала на автомобиле «Аэростар» дисплей, устанавливаемый над задним бампером. Такие дисплеи с бегущей строкой широко применяются в метро, на вокзалах, в рекламных целях. Управление предполагалось с помощью функциональных кнопок, выдававших на дисплей стандартные короткие сообщения.

Один из недостатков этого подхода состоит в неудобстве выбора и включения нужной кнопки. Сегодня мы можем вернуться к «старой» идеи с новыми возможностями, заимствованными из технологии автомобильного телефона: на

выдачу нужного сообщения можно подавать команду голосом. Вы можете пробовать развить это направление и запатентовать более эффективные идеи.

Пример 64. Спасение в снежной лавине. Ежегодно в горах из-за снежных лавин гибнут десятки альпинистов и горнолыжников. При неожиданном сходе лавины время на осуществление каких-либо маневров для спасения крайне мало. Этим объясняется низкая надежность различных рекомендаций по спасению при появлении лавины.

Таким образом, время и надежность выступают здесь в качестве конфликтующих факторов. Требуется повысить надежность операции спасения. Непосредственное обращение к А-Матрице дает следующий набор рекомендуемых приемов: 05 Вынесение: 11 Наоборот и 28 Заранее подложенная подушка. Выпишем важные рекомендации из этих приемов: выделить в объекте нужную часть (спасаемый человек); вместо действия, диктуемого условиями задачи (человек тонет под снегом), выполнить обратное действие (человек всплывает из-под снега); компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами. Составим обобщенную модель: у человека в горном снаряжении должно быть заранее подготовленное средство, выносящее его на поверхность снега и не дающее ему утонуть в снегу. Идеальный результат: X-ресурс, абсолютно не усложняя снаряжение, выносит человека в оперативное время на поверхность снега. Нужен «спасательный круг» в лавине! Но не носить же такой «круг» за спиной! Требования к ресурсам: системный — ресурс не должен быть сложным; пространство — ресурс не должен занимать много места; энергия — ресурс не должен требовать больших затрат энергии для приведения его в действие. Это — немало. но все же не хватает для каких-то конструктивных подсказок.

Составим дополнительную пару конфликтующих свойств: сложность устройства как плюс-фактор и затраты энергии подвижным объектом как минус-фактор. То есть один из факторов фиксируем как позитивный и достижимый в гипотетической системе, а другой — как негативный, который нужно улучшать. Здесь присутствует жесткая ориентация на Мини-стратегию: без существенных усложнений получить высокое качество решения. Получаем дополнительные рекомендации: 04 Замена механической среды, 05 Вынесение (повторно); 13 Дешевая недолговечность вместо дорогой долговечности и 14 Использование пневмо- и гидроконструкций. Ключевым приемом, непосредственно ведущим к решению, является прием 14: вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие — надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку.

Контрольное решение (рис. 11.5): германский предприниматель Петер Ашауэр предложил новое спасательное средство — надувной мешок из ярко-оранжевого нейлона, укрепляемый в небольшом рюкзаке на спине и надуваемый сжатым азотом из небольшого баллона, клапан которого открывается человеком при опасности.

Можно видеть, что одновременно выполнены и рекомендации приемов 05, 11, 13 и, безусловно, 28!



Рис. 11.5. Надувной спасательный мешок

Зная контрольное решение, проведите учебный реинвентинг с этими приемами самостоятельно.

Вы заметили, конечно, что вопреки Примечанию к пункту 1 (см. выше в разделе 11.2), мы использовали здесь, во-первых, неполное построение моделей противоречий, и во-вторых, названия входов А-Матрицы для моделирования конфликтующих свойств. Здесь показана часто встречающаяся на практике ситуация, когда и новички (очень часто!), и опытные знатоки ТРИЗ (для ориентированного экспресс-анализа!) игнорируют упомянутое примечание. Для новичков это весьма вредно, так как тормозит и искажает освоение и применение принципов ТРИЗ. В таком случае лучше просмотреть приемы всего А-Каталога!

Зная все же о такой не самой эффективной практике самообразования, мы решили показать здесь, по крайней мере, логичный и адекватный выбор входов А-Матрицы и примерный ход рассуждений при правильном решении задачи.

Пример 65. Сортировка металлического лома. При переработке дефектных или изношенных деталей и металлического лома с целью вторичного использования требуется, прежде всего, разделить этот лом по виду металла, например, цветные металлы, черные (различные стали) и так далее. Ручная сортировка дает неплохие результаты, но крайне непроизводительна. Это объясняется необходимостью отделять компоненты из лома по одному, перемещать их к месту измерения, проводить анализ и перемещать к месту накопления односортных компонентов. Применение точных автоматических анализаторов также не достигает цели, так как они ненадежно работают в условиях производства, например, окраска многих деталей искажает результаты измерений. Было бы полезно, по крайней мере, для предварительной сортировки применить какие-то другие способы, более пригодные в качестве промышленной технологии.

Техническое противоречие: сортировка требует повышения производительности, но при этом трудно избежать ручной работы из-за негативного действия многих мешающих факторов (большой вес и размеры изделий, окраска, необходимость доставки по отдельности к месту сортировки и другие). Редукция исходного описания дает следующие результаты (рис. 11.6).

Выборка приемов из А-Матрицы дает следующие наборы: а) 01, 10, 35, 37; б) 01, 05, 06, 13; в) 01, 11, 18, 21; г) 01, 06, 21, 23. Обращает на себя внимание высокая частота присутствия приема 01 Изменение агрегатного состояния. Выпишем его основные рекомендации:

01, а: переходы к псевдосостояниям (псевдожидкость);

01, б: изменять концентрацию или консистенцию и др.

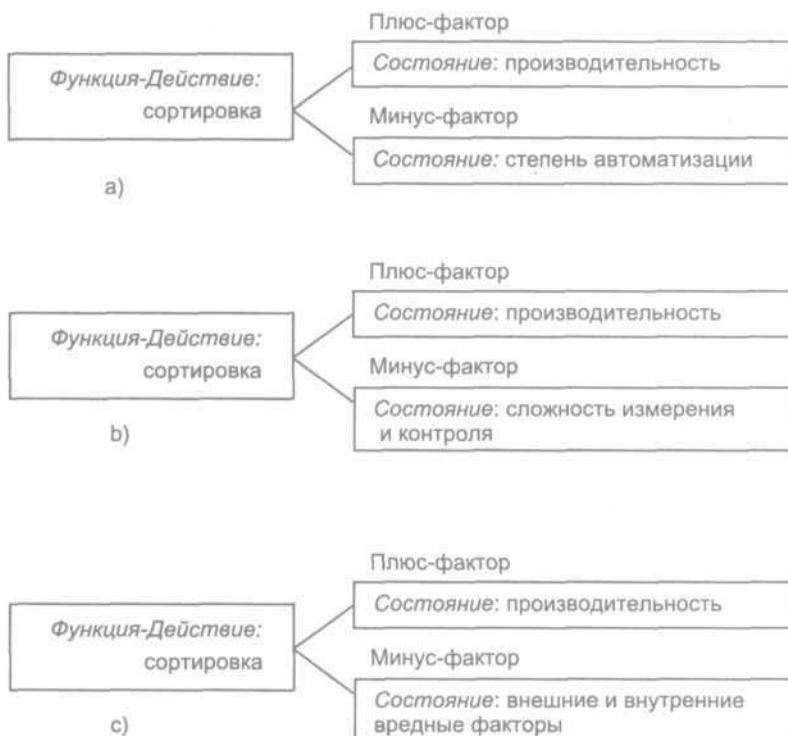


Рис. 11.6. Альтернативные бинарные модели для примера 65

В качестве примера № 01.1, иллюстрирующего возможное применение приема 01, приводится «Применение магнитореологических или электрореологических жидкостей с управляемой степенью вязкости от жидкого состояния до твердого». Назначение и состав таких жидкостей можно найти в технических словарях и энциклопедиях.

Контрольное решение: японская фирма Хитачи применила ванны с магнитореологической жидкостью, в которую загружается сортируемый лом, компоненты которого «сами разделяются» по сорту металла, так как при управляемом изменении плотности магнитной жидкости с помощью мощного электромагнита компоненты поочередно «всплывают» строго в соответствии со своим удельным весом! Остается «собирать» их с поверхности магнитореологической жидкости и направлять в накопитель металлов соответствующего сорта.

А теперь займемся детскими игрушками! Если Вы думаете, что это несерьезно для инженера, то подумайте о том, что это может быть очень важно для вашего ребенка или для других детей, которым Вы сможете подарить удивительное изобретение.

Пример 66. Фирма Microsoft патентует... куклу! Универсальным средством интеллектуального и эмоционального развития детей являются игры с объемными предметами, например, с различными наборами для конструирования, с куклами и так далее. Но вот проблема: куклы неразговорчивы, не могут быть собеседником, рассказывать ему сказки, не могут смотреть вместе с ребенком интересную и полезную телевизионную передачу, не могут плакать и смеяться вместе с ребенком, не могут... Вы вполне можете продолжить этот перечень, чтобы заменить в нем вскоре не могут на могут] А пока проведем поучительный реинвентинг удивительного патента на удивительную куклу фирмы Microsoft. При этом мы столкнемся с одной неожиданной проблемой и со стороны А-Матрицы!

Итак, кукла как универсальное средство развития ребенка. Допустим. Кукла не может активно общаться с ребенком, хотя бы в ограниченных сюжетных ситуациях. Понятно: нет информационной связи. Редукция: плюс-фактор 02 Универсальность, адаптация против минус-фактора 12 Потери информации. Увы, эта клетка пуста в А-Матрице!

Ну что ж, поработаем с А-Каталогом. Прежде всего привлекает внимание уже знакомый нам прием 0 Замена механической среды с рекомендациями:

04, а: заменить механическую систему оптической, акустической или... запаховой и так далее;

04, б: использовать электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;

04, с: перейти от фиксированных полей к меняющимся во времени.

Успешное применение этого приема Вы можете рассмотреть на Примере 46 Лекционная доска.

Можно добавить также прием 29 Самообслуживание: объект сам себя должен обслуживать, выполняя вспомогательные операции. Потенциально полезен для реализации «общения» прием 36 Обратная связь, которая пока неэффективна или вовсе отсутствует в общении между игрушкой и ребенком.

Контрольное решение: фирма Microsoft запатентовала систему (рис. 11.7), включающую... куклу и телевизор!

Скрытое звуковое сопровождение телепередачи передается маломощным радиопередатчиком в приемное устройство в кукле, и кукла начинает «разумно» реагировать на происходящее на экране, «высказывать» свои замечания, «обсуждать» события и демонстрировать эмоции.

Все гениальное — просто! Это в очередной раз подтверждает и кукла фирмы Microsoft.



Рис. 11.7. Система с «живой» куклой фирмы Microsoft

Возникает, однако, вопрос: а что же делать в подобных случаях впредь — ведь в матрице около 20 % пустых клеток?

Во-первых, есть возможность поработать с противоречием, чтобы подобрать другие плюс- и минус-факторы, все еще ассоциируемые с конфликтующими свойствами.

Во-вторых, можно и нужно поработать непосредственно с А-Каталогом, исследуя приемы и подприемы с целью выявления действий и рекомендаций, близких по характеру к требуемым действиям. Это мы вполне продемонстрировали как в этом, так и в других примерах.

В-третьих, Вы можете сами заполнить пустую клетку ссылками на приемы, присутствующие в известных Вам изобретениях. Например, софтвер Idea Navigator (см. раздел 21.3) предоставляет пользователю функцию наполнения А-Каталога и А-Матрицы собственными примерами и ссылками.

Пример 67. Защита автомобиля от несанкционированного доступа. Итак, в автомобиль проник злоумышленник и пытается завести двигатель. Как предотвратить угон? Построим исходное техническое противоречие в следующем виде: защита автомобиля должна быть надежной против проникновения посторонних. Выберем стратегию «самозащиты» автомобиля, не исключая активной защиты, то есть с воздействием на постороннего. Если принять посторонних за «внешний вредный фактор», а самозащиту автомобиля отождествить с понятием «вредные факторы самого объекта», то вновь обнаружим на пересечении строки 14 и столбца 13 А-Матрицы отсутствие каких-либо приемов. Мы уже знаем, что это не так уж страшно. Но теперь мы применим иную стратегию работы с А-Каталогом. Проведем экспресс-анализ только первых 10 «самых сильных» приемов. А результативные приемы, примененные для генерации решения, занесем потом в эту клетку на будущее.

Процесс решения полезно фиксировать в таблице (рис. 11.8).

№	Прием	Толкование приема	Примеры идей
01	Изменение агрегатного состояния	Изменение свойств материалов в оперативном пространстве	Увеличить температуру сидений до невыносимого уровня
02	Предварительное действие	Средства должны вступить в действие с наиболее удобного места и без промедления	Этот прием можно рассматривать как системное требование, но для некоторых средств должно быть исключено их срабатывание во время движения
03	Дробление	Применить разделяемые компоненты, увеличить степень дробления	Разделить источники воздействия, чтобы их трудно было уничтожить
04	Замена механической среды	Применить немеханические воздействия	Применить слезоточивый газ или газ с невыносимым запахом (здесь есть достаточно широкие возможности с учетом знания биологических эффектов)
05	Вынесение	Воздействовать только на важную функцию угонщика без нанесения другого вреда	Этот прием также можно рассматривать как системное требование
06	Использование механических колебаний	Применить механические колебания с переменными частотами	Применить мощный звук или ультразвук
07	Динамизация	Воздействия должны быть оптимальными на каждом шаге работы	Сделать воздействия переменными с тем, чтобы было трудно обнаружить места их установки
08	Периодическое действие	Применить импульсное воздействие	Неожиданное воздействие, не дающее адаптироваться к нему
09	Изменение окраски	Изменить окраску объекта, изменить степень прозрачности среды	Изменить прозрачность стекол, сделать воздух непрозрачным, применить «несмываемую» окраску, применить невидимые метки для последующего поиска посягавшего
10	Копирование	Использовать упрощенные и дешевые копии компонентов, использовать изменение масштаба (размера)	Применить мощные надувные мешки, блокирующие действия частей тела злоумышленника

Рис. 11.8. Сокращенный учебный пример экспресс-решения проблемы

Контрольное решение: одна из фирм в Берлине (Германия) успешно реализует средства безопасности на основе различных газовых смесей для защиты квартир и автомобилей. Так, в квартире после нескольких аудиопредупреждений распыляется сильный слезоточивый газ, не вредящий мебели, стенам и бытовой технике. При запуске автомобиля салон заполняется очень плотным белым дымом, не имеющим запаха и безвредным. Достаточно долгое время дым не дает возможности управлять автомобилем и привлекает внимание окружающих, которые могут немедленно вызвать по хэнди полицию.

А теперь проверим возможность подбора других подходящих плюс- и минус-факторов. Например, мы хотели бы получить «универсальное средство» защиты от «внешнего вредного фактора». Плюс-фактор 02 Универсальность, степень адаптации и минус-фактор 13 Внешние вредные факторы дают перечень приемов, в котором содержатся уже примененные нами приемы 01 и 09 (есть в контрольном решении!), а также дополнительно ориентирующие приемы 28 За ранее подложенная подушка (примерно эквивалентный в этой ситуации приему 02) и 31 Применение пористых материалов.

По результатам нашего экспресс-решения мы можем заполнить еще одну клетку А-Матрицы (или даже две смежные по диагонали клетки 13 и 14) такими приемами, как 01, 04, 06 и 09.

Пример 68. Ветровые электростанции. Одним из наиболее экологически чистых источников энергии является... ветер! То есть атмосферные потоки. Привычные многим приводы ветроэлектростанций имеют вид самолетных пропеллеров, установленных на высоте от нескольких десятков до 100 и более метров (рис. 11.9). Однако возможности дальнейшего роста эффективности таких устройств с горизонтальной осью вращения уже почти исчерпаны. Во многих странах начали испытывать и строить ветроустановки с вертикальной осью вращения — роторные (рис. 11.10). Нетрудно заметить, что такая установка не критична к направлению ветра. Она обладает и рядом других преимуществ.

Известно также, что с ростом высоты вплоть до 6—8 км можно получить многократный выигрыш в мощности ветроэлектростанций. Однако для этого не-



Рис. 11.9. Ветроэнергетическая система с горизонтальной осью вращения движителя

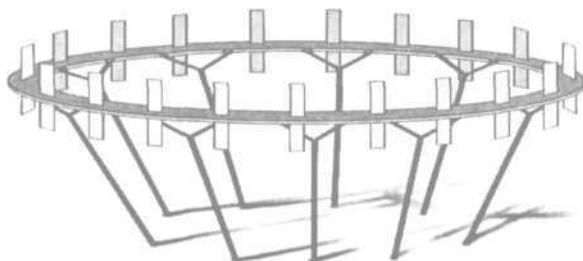


Рис. 11.10. Ветроэнергетическая система с вертикальной осью вращения движителя

обходится решить ряд проблем, особенно связанных с весом станции и кабелей, связывающих ее с землей, а также с долговечностью работы станции, так как трение в движущихся частях усиливается низкими температурами на большой высоте.

Итак, мы имеем дело с комплексом проблем. Первая проблема — вес. Сформулируем техническое противоречие: подъем станции на большую высоту дает максимальную мощность станции, но требует решения проблемы доставки и удержания станции на большой высоте. Плюс-фактор 36 Мощность находится в конфликте с минус-фактором 32 Вес подвижного объекта. В учебных целях из суммарного набора прокомментируем только один прием 32 Антивес: компенсировать вес объекта соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой; компенсировать вес объекта аэродинамическим взаимодействием со средой — в контрольном решении российскими специалистами предложено поднимать ветроэлектростанцию с помощью газонаполненного баллона, имеющего форму «воздушного змея» (рис. 11.11). При этом кабель имеет собственную газонаполненную несущую оболочку, компенсирующую его вес и вес тросов, удерживающих всю конструкцию от самопроизвольного перемещения и падения.

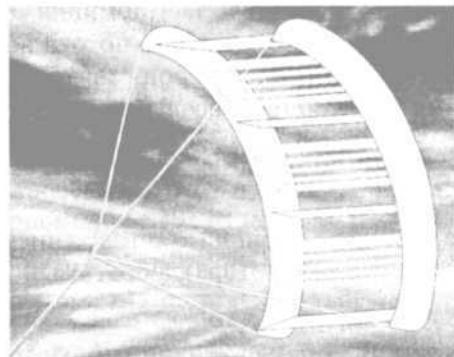


Рис. 11.11. Ветроэнергетическая система на «воздушном змее»

На «змее» находятся 3 роторные ветроустановки. Основная проблема — трение в опорных кольцах «вверху» и «внизу» ротора. Сформулируем еще одно техническое противоречие: долговечность и автоматическая работа системы без обслуживания в условиях воздействия вредных внешних факторов. Здесь возможно построение нескольких альтернативных моделей.

Рассмотрим некоторые из них. Ближайшими ассоциируемыми плюс-факторами являются: степень автоматизации, надежность, удобство эксплуатации, время действия подвижного объекта, устойчивость состава объекта.

Ближайшими минус-факторами являются сложность устройства, внешние вредные факторы, длина подвижного объекта (по направлению движения роторов в опорах), потери вещества (износ), прочность, температура, потери энергии (на преодоление трения).

Снова обратим Ваше внимание на то, что мы все же выполняем реинвентинг, зная контрольное решение. А теперь представьте себе объем работы, который Вам предстоит проделать для анализа все попарных конфликтующих свойств. Достаточно сказать, что здесь возникает 35 пар моделей противоречий! Но в этом кроется и упрощение решения за счет того, что постепенно выявляются приемы с высокой повторяемостью. Их и надо пробовать применить в первую очередь. Для работы с такими «системами противоречий» пред назначен метод СICO, рассматриваемый в следующем разделе I 1.4.

Здесь же мы воспользуемся сокращенным разбором процесса решения на основе одной из физико-технических моделей: плюс-фактор 23 Время действия подвижного объекта против минус-фактора 13 Внешние вредные факторы. Набор приемов и их интерпретация с учетом ресурсных особенностей работы системы:

04 Замена механической среды — возможность применить принцип магнитного подвеса, отдавая для этого незначительную часть вырабатываемой электроэнергии;

07 Динамизация — часть энергии должна тратиться на непрерывное изменение положения каждой лопасти ротора для оптимизации функционирования всей системы, уменьшения тормозящих усилий и нагрузки на опоры;

21 Обратить вред в пользу — высокая скорость потока воздуха на большой высоте в сочетании с минусовой температурой может быть использована для создания пар скольжения на ледяной и воздушной подушке;

38 Однородность — поверхности, которые могут оказаться в контакте скольжения, должны быть сделаны из одного и того же материала.

Контрольное решение российских специалистов: линейный шаговый двигатель (для первоначального разгона ротора), обратимый для работы в качестве опоры типа магнитный подвес.

Пример 69. Шумящая сеть. В морях ежегодно гибнут многие тысячи дельфинов, запутавшихся в рыболовных сетях. Они стремятся к сетям, пытаясь охотиться на попавшую в сети рыбу, и сами становятся жертвами сетей. Как можно повысить безопасность сетей для дельфинов?

Можно сформулировать две версии функциональной идеальной модели:

дельфины сами не подплывают к сети;

сеть сама отпугивает дельфинов.

Физико-биологический ресурс и противоречие: дельфины обладают акустическим локатором, но сеть остается «невидимой» для их локаторов.

Подбор стандартных факторов для этого примера является нетривиальной задачей. Прямых аналогов для описания акустического сигнала или его параметров нет. Нет и подходящего описания негативных явлений, связанных со слабым отражением локационных сигналов от сети. В таких случаях можно все же прибегнуть к весьма метафорическим аналогиям, например, сравнить

звук со световым или тепловым полем. Тогда в качестве плюс-фактора можно взять, например, вход 35 Освещенность. Для минус-фактора, имеющего связь с конструкцией сети, выберем вход 10 Удобство эксплуатации. Действительно, в новой ТРИЗ-формулировке функциональной идеальной модели теперь можно более уверенно записать следующее: Х-ресурс, абсолютно не усложняя сеть, обеспечивает хорошую «видимость» сети для акустического локатора дельфина. Посмотрим на приемы из А-Матрицы:

04,а: заменить исходную механическую систему со слабыми отражательными акустическими свойствами новой системой с хорошими отражательными свойствами;

04,б: перейти от неструктурированных полей к структурированным;

10,б: заменить объект его акустическими (заметьте замену термина «оптическими»!) копиями.

Прием 08 пока не поддается интерпретации. Но и имеющегося достаточно, чтобы прийти к идеи встраивания в сеть специальных ячеек в виде пластмассовых сферических и параболических отражателей. Эти элементы намного лучше отражают локационный сигнал дельфина. Таково контрольное решение немецкого зоолога-изобретателя Свена Кошинского. Экспериментальная проверка показала, что видимость сети повысилась до 50–60 %, что неплохо, но недостаточно.

Однако теперь найден ключевой принцип, вцепившись в который, можно совершенствовать систему с помощью ТРИЗ-инструментов. Для сокращения описания новое техническое противоречие представим сразу в редуцированной форме: плюс-фактор 04 Надежность и минус-фактор 07 Сложность устройства дают набор приемов 08, 10, 18 и 31.

Из них хорошо интерпретируются следующие (в порядке важности):

10 Копирование: прием встречается повторно, что действительно соответствует этой ситуации, только теперь решено воспроизводить сигнал тревоги дельфинов;

18 Посредник: использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие — на сети дополнительно установлены активные акустические излучатели мощностью 115 децибел, частотой 2,9 килогерца и обертонами до 90 килогерц. Эти звуки выбраны так, чтобы отпугивать дельфинов, но не промысловую рыбу;

08 Периодическое действие: перейти от непрерывного действия к периодическому — «писк», похожий на дельфиний, издается 70 раз в минуту;

40 Непрерывность полезного действия: вести работу непрерывно с полной нагрузкой — число излучателей должно быть достаточным на поверхности сети, длина которой может составлять несколько сотен метров и более.

И вновь состоялась практическая верификация идеи, показавшая 90 % эффективности. Но остались еще 10 % ! Теперь целью могло быть исключение привыкания (адаптации) дельфинов к отпугивающему звуку. Редуцированное

техническое противоречие: плюс-фактор 02 Универсальность, адаптация против минус фактора 07 Сложность устройства. Ключевыми приемами являются 04 Замена механической среды (перейти от фиксированных полей к меняющимся во времени!) и 07 Динамизация (характеристики объекта должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом шаге работы), совместная интерпретация которых практически однозначно приводит к решению варьировать параметры писка случайным образом.

Этот пример показывает развитие исходной идеи на основе ее практической проверки и формулирования новых и новых моделей в зависимости от результатов испытаний. Поскольку мы выполняли все же не генерацию новых идей, а учебный реинвентинг, то можно сказать, что этот пример демонстрирует динамический реинвентинг. Однако на аналогичной последовательности действий основано практическое усовершенствование изделий и продукции с помощью ТРИЗ-инструментов.

Заключительный пример этого раздела демонстрирует не динамику, а статику реинвентинга какого-нибудь объекта. Для примера выбран не совсем «промышленный» объект, скажем, не станок и не самолет (хотя все это еще встретится нам впереди!), зато можно рассчитывать на то, что пример будет легко воспринят всеми читающими этот учебник.

Пример 70. Раклетт? А почему бы и нет?! Посмотрим с разных сторон, в том числе и с «нетехнических», а чисто пользовательских, на такое изделие для приготовления пищи, как раклетт (рис. 11.12).

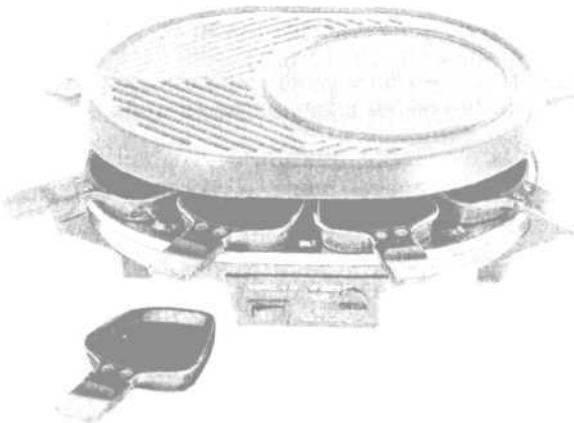


Рис. 11.12. Раклетт

Нас будет интересовать раскрытие в таком объекте как можно большего количества присутствующих в нем творческих идей (приемов).

Наш анализ представлен в таблице на рис. 11.13.

Итак. 25 приемов в одном относительно несложном объекте! Цель рассмотренного примера — показать широкие возможности корректной интерпрета-

№	Номер и название приема	Интерпретация
1	03 Дробление	Одна большая сковорода разделена на 6 или 8 маленьких сковородок
2	35 Объединение	Маленькие сковородки нагреваются в единой конструкции (объединение однородных объектов в пространстве) и одновременно (объединение однородных операций во времени)
3	05 Вынесение	Раклетт выносится из кухни (как из системы) в столовую (в другую систему); сковородки выносятся из раклетта (как из системы) на стол
4	12 Местное качество	У целого и частей разные функции, и каждая часть находится в условиях, наиболее соответствующих ее работе
5	20 Универсальность	Многофункциональность, например, вместе с приготовлением блюда на сковородках сверху готовится общий гарнир; наличие гриль-решетки
6	34 Матрешка	Сковородки компактно вставляются в раклетт
7	02 Предварительное действие	Раклетт предварительно устанавливается на столе, там же находятся предварительно заготовленные компоненты для блюд
8	37 Эквипотенциальность	Все находится близко и не требует больших усилий для перемещения, так как практически все перемещается невысоко над уровнем стола
9	11 Наоборот	Не человек идет к печи, а печь идет к человеку и размещается прямо на столе: печь стала подвижной!
10	22 Сфериальность	Удобная для доступа группы пользователей сферическая или эллиптическая форма некоторых раклеттов; в любом случае расположение сковородочек по окружности (по периметру) как сегментов целого
11	07 Динамизация	Переносная «печь»; динамичный асинхронный процесс индивидуального приготовления блюд на отдельных сковородках; динамизация общения за столом при участии в занимательном объединяющем «технологическом процессе»
12	16 Частичное или избыточное действие	Трудно приготовить сразу на все вкусы, но легко, когда каждый готовит свою часть по своему вкусу
13	19 Переход в другое измерение	Многоуровневая компоновка рабочих поверхностей, экономящая тепло
14	09 Изменение окраски	Прозрачные крышки; различная окраска сковородочек для индивидуального отличия
15	08 Периодическое действие	Блюда готовятся в разные интервалы времени по желанию
16	40 Непрерывность полезного действия	Все части работают с полной нагрузкой, оптимальной для каждой части по отдельности и для всей системы в целом
17	21 Обратить вред в пользу	«Запахи» кухни превратить в «ароматы» вкусных блюд
18	36 Обратная связь	В системе легко оптимизировать качество и количество, так как каждый потребляет столько, сколько ему нужно, кто-то больше, кто-то меньше
19	18 Посредник	Раклетт как центральный «посредник-модератор» в общении!
20	29 Самообслуживание	Все обслуживают себя сами!
21	10 Копирование	Психология общения — объединяющее подражание в поведении; технический аспект — копия печки на столе, но проще, меньше, экономнее и изящнее
22	38 Однородность	Все сковородочки одинаковы и по форме и по материалу (но могут различаться маркировкой цветом)
23	15 Отброс и регенерация частей	Расходуемые компоненты блюд пополняются по мере их использования
24	01 Изменение агрегатного состояния	Блюда претерпевают нужные изменения «агрегатного состояния» компонентов; гибкое изменение режимов приготовления
25	17 Применение композиционных материалов	Гибкое изменение составов блюд

Рис. 11.13. Учебный пример выявления приемов в изделии (раклетт)

ции приемов, несмотря на их предельно ограниченные и даже обедненные описания.

На этом мы должны ограничить рассмотрение принципов применения А-Приемов. Еще раз приведу слова Генриха Альтшуллера: нет магических формул, но есть приемы, достаточные для большинства случаев! А так как ТРИЗ — не догма, то не останавливайтесь перед импровизацией и игрой воображения!

11.4. Интеграция альтернативных противоречий — метод CICO

При использовании А-Матрицы и А-Каталога приемов может возникнуть вопрос: неужели в основе каждого конкретного изобретения лежит только один какой-то прием? Автор ТРИЗ отвечал на этот вопрос следующим образом: в периодической таблице Менделеева содержится чуть больше 100 химических элементов, но реальный мир неизмеримо богаче, так как химические элементы вступают во взаимодействия, образуя сложные вещества и целые классы все более сложных веществ.

Изучение искусственно составленных комбинаций приемов представляет собой сложную задачу. Из 40 приемов А-Каталога можно составить 780 различных пар, 9880 различных «троек», более 90 000 «четверок»... Такова сложность комбинаторики «сочетаний»! Такой подход не выглядит слишком привлекательным. Не проще и изучение реальных изобретений, хотя через них легче увидеть реальную пользу от конкретного примененного сочетания приемов. И все же для предварительного «растряхивания» проблемы и для экспресс-анализа опытные специалисты иногда используют А-Каталог без А-Матрицы следующим образом:

- 1) просматривают весь каталог и выбирают несколько перспективных приемов;
- 2) подбирают комбинации приемов по два, три или более (это возможно!).

Более эффективным подходам является направленное формирование групп приемов на основе составления нескольких системно-связанных технических противоречий или на основе подбора к выбранной ТПМ нескольких подходящих факторов для входа в А-Матрицу.

Метод CICO (Cluster In Cluster Out)

- 1) Сформулировать техническое противоречие или несколько альтернативных технических противоречий.
- 2) Для каждой модели выбрать несколько синонимичных входов (это и есть процедура Cluster In, т. е. составление целой грози синонимических входов как для плюс-фактора, так и для минус-фактора каждого технического противоречия).

- 3) Выписать все рекомендуемые приемы.
- 4) Составить ранжированный список, в котором на первом месте будет наиболее часто рекомендуемый прием, на втором — с меньшим рейтингом и т. д. (это и есть процедура Cluster Out, когда мы получаем как бы гроздь приемов на выходе, где «наверху» грозди будет наиболее часто встречающийся прием, «пониже» — менее встречающийся и т. д.).
- 5) Провести последовательный анализ приемов, начиная с первою.

Рассмотрим один пример на «ретро-тему».

Пример 71. «Крышка» над дымоходом. Чтобы в печные трубы сверху на попадали дождь и снег, над трубами сооружают различные навесы, козырьки или крышки (назовем их закрывалками).

Диагностика. Проблема состоит в том, что закрывалки с часто встречающейся формой, приведенной на рис. 11.14, неудовлетворительно защищают дымоход от снега и от дождя, особенно при достаточно сильном ветре. Более сложные по форме закрывалки часто сужают поперечное сечение на выходе дымохода и затрудняют выход дыма.

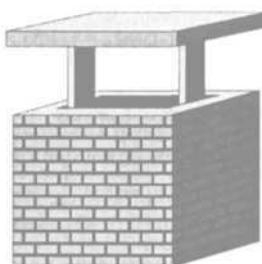


Рис. 11.14. Крышка над дымоходом

Редукция. Как минимум, здесь имеет место двойное физическое противоречие: закрывалка должна быть широкой и находиться близко к выходу трубы (чтобы надежно защищать трубу от дождя и снега при любом направлении ветра), и закрывалка должна быть узкой (чтобы сильный ветер не срывал закрывалку) и находиться далеко от выхода трубы (чтобы дым свободно вылетал из трубы). Оперативная зона здесь включает выход дымохода (рецептор) и закрывалку (индуктор). Менять, понятно, будем закрывалку. Очевидной идеи нет. Поэтому можно сформулировать более одной ФИМ.

Макро-ФИМ: X-ресурс, не вызывая недопустимых негативных эффектов, обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами надежную защиту выхода трубы от осадков при любом направлении ветра и наилучшим образом выпускает дым.

Макси-ФИМ: оперативная зона сама обеспечивает защиту выхода трубы и свободный выход дыма.

Анализ фундаментальных трансформаций (раздел 12.2) на первый взгляд также не дает очевидной идеи, хотя можно сказать, что здесь явно являются

«заинтересованными» пространственный, структурный и энергетический ресурсы. Нужно предполагать изменения в форме закрывалки и в структуре — возможно появление более сложной конструкции с несколькими функционально-специализированными частями. Нельзя исключать, что потребуется источник энергии для приведения закрывалки в действие. Здесь Вы можете задать справедливый вопрос: а как же с требованием «абсолютно не усложнения систему»?! Первая часть ответа: посмотрим в конце решения — например, может оказаться, что по затратам материалов и стоимости новая конструкция будет ненамного превышать имеющуюся закрывалку, которая вообще не соответствует предъявляемым требованиям. Вторую часть ответа дал еще Альберт Эйнштейн⁶⁵: должно быть «Просто, но не проще простого!». То есть, если некая конструкция не решает поставленную задачу, то ее простота или низкая стоимость не имеют никакого значения.

Попробуем построить технические противоречия, чтобы несколько отойти от жесткой формулы физического противоречия — но не от ФИМ! Наоборот, мы должны и будем цепко держаться за ФИМ!

Представим ИКР-1 в самом общем виде как устранение «Вредных факторов, действующих на объект» и используем этот ИКР как плюс-фактор № 13 для соответствующего входа в А-Матрицу. Вдоль 13-й строки выберем подходящие минус-факторы (см. таблицу на рис. 11.15).

Поз.	Номер минус-фактора и пояснение		Приемы из А-Матрицы
1	21	<i>Форма</i> — предположительно, будет более сложной	21, 03, 12, 01
2	10	<i>Удобство эксплуатации</i> — ухудшится, если надо будет что-то включать-выключать, открывать-закрывать и т. п.	05, 29, 04, 23
3	07	<i>Сложность устройства</i> — увеличится, если надо будет вводить какое-нибудь управление и ставить двигатели	21, 08, 14, 17
Всего разных приемов:			11

Рис. 11.15. Cluster In для 1-го плюс-фактора «Вредные факторы, действующие на объект»

Представим ИКР-2 как «Степень автоматизации» и используем этот ИКР как плюс-фактор № 03 для соответствующего входа в А-Матрицу. Вдоль 03-й строки найдем хотя бы один подходящий минус-фактор (см. таблицу на рис. 11.16). Пусть решением проблемы будет ИКР-3 в виде некой идеальной «Формы». Тогда вдоль 21-й строки А-Матрицы выберем вероятные минус-факторы (см. таблицу на рис. 11.17).

Трансформация. При объединении 17 различных приемов из этих таблиц найден один прием (№ 07) с рейтингом 3, пять приемов с рейтингом 2 и 11 приемов с рейтингом 1. В таблице на рис. 11.18 представлены шаги решения проблемы, а на рис. 11.19 — результат проведенного реинвентинга решения, которое я впервые увидел в Германии. Я назвал эту закрывалку «шлем»

⁶⁵ Альберт Эйнштейн (1879—1955) — выдающийся физик XX столетия, создатель общей и специальной теории относительности.

Поз.	Номер минус-фактора и пояснение		Приемы из А-Матрицы
1	07	Сложность устройства — может увеличиться, что было бы нежелательно!	07, 18, 02
Всего разных приемов:			3

Рис. 11.16. Cluster In для 2-го плюс-фактора «Степень автоматизации»

Поз.	Номер минус-фактора и пояснение		Приемы из А-Матрицы
1	10	Удобство эксплуатации — может ухудшиться, если надо будет что-то открывать-закрывать и т. п.	09, 07, 10
2	07	Сложность устройства — может возрасти!	16, 14, 03, 04
3	08	Сложность контроля и измерения — ничего не нужно изменять и контролировать! Все должно хорошо работать само!	07, 11, 23
Всего разных приемов:			9

Рис. 11.17. Cluster In для 3-го плюс-фактора «Форма»

Поз.	Рейтинг	Прием		Интерпретация приема
1	3	07	Динамизация	Однозначная интерпретация: закрываемка должна стать подвижной!
2	2	03	Дробление	Закрываемка должна быть разделена на какие-то части с самостоятельными функциями, например, нам нужны функции-свойства типа: «защита» — от дождя и снега, «движение» — чтобы лучше защищать и т. п.
3	2	21	Обратить вред в пользу	Действительно, хуже всего, когда сильный ветер! Но ведь сильный ветер — это и есть бесплатный «источник энергии»! Ключевая идея почти готова — закрываемку должен приводить в движение ветер!
4	2	04	Замена механической среды	Суть этого приема — применение «более управляемых» полей. Здесь: ветер меняет направление — он же должен устанавливать закрываемку в наилучшее состояние для защиты от осадков! Но как тогда фиксировать положение закрываемки? Стоп! Нужен флюгер! Причем именно флюгер тем устойчивей стоит в определенном направлении, чем сильней ветер! А к флюгеру надо приделать закрываемку!
5	2	14	Использование пневмо- и гидроконструкций	Куда уж больше! Самая что ни на есть «автоматическая машина с пневматическим источником энергии и пневмомеханическим двигателем»!!!
6	2	23	Применение инертной среды	Комментарий: позднее размыщление об этом приеме навело на мысль о наличии спиральных эффектов в закрываемке-флюгере! При обдумывании понятия «вакуум» стало ясно, что непосредственно за закрываемкой при сильном вете должна возникать зона разреженного воздуха, что должно улучшать выход дыма из трубы! В других закрываемках сильный ветер, наоборот, затрудняет выход дыма, создавая « пробки» из-за повышенного давления воздуха в выходной горловине трубы
7	1	12, 02, 11, 16, 08, 18, 29, 10, 09, 01, 17		

Рис. 11.18. Cluster Out: объединение приемов из таблиц Cluster In

из-за сходства с рыцарским шлемом по форме, благодаря чему осадки не попадают в трубу и при отсутствии ветра. Позже я встречал его, например, в Финляндии.

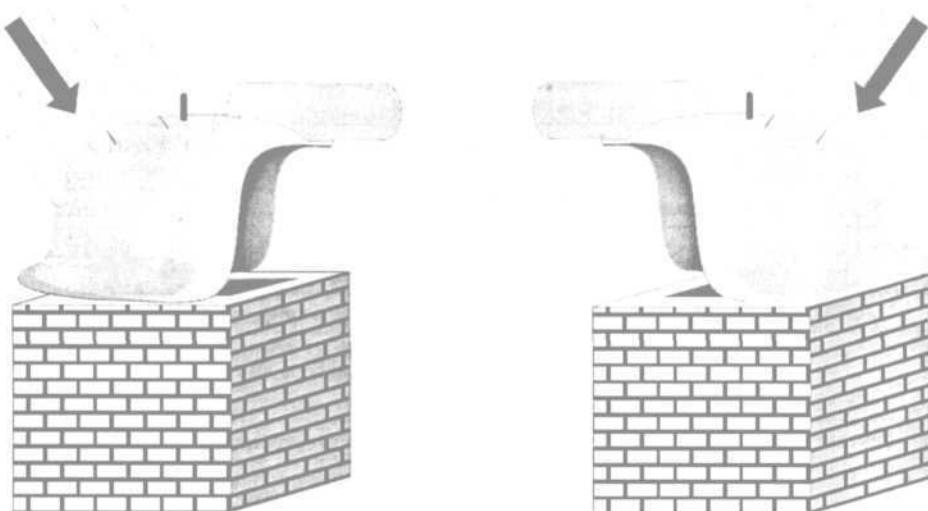


Рис. 11.19. «Шлем» для защиты трубы от дождя и снега

Верификация. Получено вполне идеальное решение: закрывалка сама наилучшим образом выпускает дым и надежно защищает трубу от осадков при любом направлении ветра!

В этом решении, изобретенном неизвестным мастером, можно увидеть сразу букет изобретательских приемов: динамизация — «шлем» сделан подвижным; локальное качество — «шлем» защищает именно там, где нужно; асимметрия — флюгер имеет вынесенный хвост, на который и воздействует ветер; матрешка — ось вращения размещена внутри трубы; вред обратить в пользу и самоорганизация — чем сильнее ветер, тем надежнее «шлем» устанавливается в наилучшее положение.

Полученная конструкция не намного сложнее исходной, а ее преимущества несравненно выше!

В хорошем решении всегда объективно реализованы несколько творческих идей. Поэтому так важно изучать методом **реинвентинга** ранее сделанные изобретения, чтобы увидеть не зависящие от воли изобретателя объективные идеи преобразования от «было», то есть «от существующего», к «стало», то есть «к возникающему»!

Итак, мы можем сказать, что отдельные приемы как бы предлагают нам искать решение задачи «за один ход», как в одноходовой шахматной миниатюре. Однако, сложные задачи — это как минимум трех-, четырех- и пятиходовки! А то и целые блестящие партии! И поэтому «грозы» приемов ориентируют на

разработку многоходовых комбинаций, тем более что в реальной изобретательской задаче никто заранее не знает, за сколько ходов она решается.

Мы видим, что при совместном рассмотрении приемов они как бы усиливают возможности друг друга.

Возникает сверхэффект — синергия приемов!

Ранжированная «гроздь» приемов как бы описывает и предсказывает облик будущего решения, связывая идеальный конечный результат с новым, еще исковым, принципом действия и с будущей конструкцией.

12. Навигация решения физических противоречий

12.1. Интеграция физических противоречий

Ключевая идея метода аналогична интеграции технических противоречий, а именно, соединить несовместимые требования, исходя из непосредственного описания модели противоречия. Но для физического противоречия это сделано, сложнее, так как в нем несовместимость выглядит более непримиримо и остро. Описание физического противоречия часто нефункционально, то есть содержит не инверсные способы действия, а инверсные и несовместимые свойства-состояния. Поэтому в Методе интеграции физических противоречий, предложенном автором учебника в 1989 году, имеются существенные отличия от Метода интеграции инверсных технических противоречий.

Метод интеграции физических противоречий требует явного разрешения противоречия по доминирующему ресурсу. А для этого требуется творческое, интуитивное усилие и профессиональное знание физико-технических эффектов и конструкций, пригодных потенциально для достижения такого решения.

Шаги метода формулируются следующим образом:

- сформулировать физическое противоречие с двумя несовместимыми требованиями (факторами);
- редуцировать исходную модель к конструктивной форме, в которой оба фактора представлены как целевые, позитивные;
- разделить конструктивную модель на две модели — для одного фактора и для другого фактора; найти независимые альтернативные технические решения для каждого из факторов;
- построить интегрированную модель на основе интеграции независимых альтернативных технических решений для каждого из факторов, в которой физическое противоречие отсутствует и достигаются оба несовместимые ранее свойства.

Примечание 1: физическое противоречие нужно стремиться сразу формулировать в конструктивном виде, что и рекомендуется в классической ТРИЗ, при этом возможно исключение первого шага метода.

Примечание 2: разделение модели противоречия на две — это только прием для описания процесса генерации идеи решения, так как при определенном

опыте интегрированное решение находится непосредственно по конструктивной модели, при этом возможно исключение третьего шага метода.

Здесь также нет какой-то магической формулы, а дело заключается в разделении конфликтующих свойств во времени, в пространстве, в структуре или в веществе (энергии) — см. следующий раздел 12.2 Каталоги фундаментальных трансформаций. Но интеграция разделенных моделей одного и того же исходного физического противоречия позволяет преодолеть психологическую инерцию отношения к проблеме, строит мост к созданию идеи решения, в которой «несовместимые» до этого свойства прекрасно сосуществуют и работают для обеспечения главной полезной функции системы.

Для интеграции разделенных моделей в дальнейшем будет полезно также изучение раздела 15.3 Интеграция альтернативных систем.

Рассмотрим примеры в привычном порядке — от «простых» к более сложным.

Пример 72. Нагрев кремниевой пластины (решение на основе интеграции физических противоречий). В примере 60 мы достаточно легко соединили вместе инверсные процессы нагрева кремниевой пластины. Это произошло соединением инверсных действий по нагреву пластины в центре и на краях. При интеграции несовместимых физических моделей это сделать несколько сложнее, так как нужно обнаружить и реализовать трансформацию, не очевидную, не лежащую на поверхности, — разрешение конфликта в пространстве и в структуре. Причем сначала из исходного физического противоречия выделяются требуемые, но противоречивые состояния, затем условно устанавливается возможность их независимой технической реализации, после чего возможна интеграция альтернативных технических решений в одной конструкции, например, за счет изменения структуры индуктора для реализации требуемых свойств в непересекающихся зонах в пространстве.

Выполним последовательно шаги Метода интеграции физических противоречий:

- 1) построим исходную модель физического противоречия: тепловое поле должно быть сильным, чтобы нагревать пластину по краям, и не должно быть сильным, чтобы не перегревать пластину в центре;
- 2) редуцируем исходную модель к конструктивной форме с позитивными несовместимыми свойствами: тепловое поле должно быть сильным, чтобы нагревать пластину по краям, и должно быть слабым, чтобы нагревать пластину в центре;
- 3) технические решения для каждой из раздельных моделей: в индукторе для сильного теплового поля должна быть большая плотность витков нагревающей спирали, а в индукторе для слабого теплового поля должна быть малая плотность витков нагревающей спирали;
- 4) интеграция этих альтернативных решений приводит к контролльному решению, которое Вам уже известно из примера 60: количество витков спирали в центре нагревательного элемента делается меньше, чем на краях.

В этом решении спираль нового (интегрированного) нагревательного элемента приобрела неоднородную структуру, чтобы обеспечить требуемые условия нагрева в разных пространственных зонах.

Пример 73. Две шляпки одним ударом. При производстве некоторых изделий забитый гвоздь нужно извлечь. Это характерно для тех случаев, когда гвоздь используется как элемент для временного, вспомогательного соединения деталей, после чего он должен быть удален. Это не просто сделать, не повреждая материал, в котором находится гвоздь, особенно шляпка гвоздя. В материал вдавливают острые концы специальных плоскогубцев или какой-нибудь острый и прочный предмет, чтобы зацепиться за шляпку, плотно прижатую к поверхности изделия, а иногда и полностью утопленную в материал.

Выполним реинвентинг одного интересного решения, созданного на Украине.

Построим модель проблемной ситуации в виде исходного физического противоречия.



Редуцируем исходную модель к конструктивной форме и разделим сразу на две независимые модели (обратите внимание на почти незаметные, но полезные отличия, которые мы показываем здесь в учебных целях).



Теперь мы можем видеть два независимых решения: первое — гвоздь забивается как обычно, и его шляпка прижата к поверхности изделия или даже утоплена в этой поверхности; второе — гвоздь забит так, что между нижней частью его шляпки и поверхностью изделия есть зазор, достаточный для того, чтобы можно было легко вытащить гвоздь, зацепившись за его шляпку.

Вот теперь требуется преодолеть психологическую инерцию и соединить оба решения в одно, изобрести гвоздь, интегрирующий оба несовместимые состояния. Контрольное решение: гвоздь имеет две шляпки (рис. 12.1), расположенные одна над другой с зазором, достаточным для извлечения гвоздя. Нижняя шляпка прижимает изделие, а верхняя служит только для вытаскивания гвоздя.

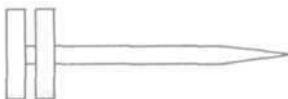


Рис. 12.1. Гвоздь с двумя шляпками

Доминирующий ресурс — функционально-структурный, так как изменено количество элементов объекта, при этом каждый элемент выполняет свою специализированную функцию. Вспомогательные ресурсы — пространственный, так как изменена форма объекта; временной — новые части объекта используются на различных непересекающихся интервалах времени; вещество — увеличилось количество материала в конструкции гвоздя.

При наличии интереса Вы можете провести более детальную верификацию идеи решения, оценив в учебных, а может быть и в профессиональных, целях преимущества и недостатки такого решения.

Пример 74. Сейф с двойным дном на пляже. Для того, чтобы ветер или злоумышленник на пляже не унес Ваши вещи и ценности, нужно найти какое-то техническое решение, опираясь на легко доступные ресурсы. Здесь приведем решение по сокращенному варианту с учетом примечаний 1 и 2 к шагам метода.

Предположим, что Вы приходите на пляж с некоей конструкцией, назовем ее чемодан, сейф или холодильник, как Вам понравится. Оттуда Вы извлекаете надувной матрац и тент, туда Вы укладываете снятую одежду, деньги и документы, а заодно, возможно, там находятся принесенные Вами напитки, книги и игры.

Выполним только два шага метода для этой конструкции (я выбираю название «сейф»):

2) сейф должен быть легким (для транспортировки) и должен быть тяжелым (чтобы его не мог унести ветер или злоумышленник) — представьте себе один легкий сейф для транспортировки Ваших вещей и другой тяжелый, стоящий на пляже, в который Вы вставляете принесенный легкий сейф, и получается как бы двойной сейф, по крайней мере с двойными стенками;

4) теперь нужно из двух конструкций сделать одну: пусть теперь единственный носимый интегрированный сейф сам имеет двойные стенки, например, двойное дно, пространство между которыми Вы заполняете песком, галькой или даже водой, легко доступными на пляже. Именно такова идея «песчаного сейфа», запатентованная изобретателем из Великобритании.

Доминирующий ресурс — вещество, изменение веса сейфа путем присоединения к нему внешнего материала. Использованные или принимаемые во внимание вспомогательные ресурсы: структура и пространство — сейф имеет двойные стенки и запирающийся на замок вход (выход) для заполнения пространства между стенками нагрузкой; временной — сейф имеет разный вес на непересекающихся интервалах времени.

Этот объект может иметь интересное развитие.

12.2. Каталоги фундаментальных навигаторов

Исключительная роль, которую играют модели физических противоречий при решении изобретательских задач, объясняется их «положением» в оперативной зоне. Физическое противоречие — это предельно острое выражение сути проблемы, это центральная точка любой оперативной зоны.

В то же время Вы уже могли убедиться, в том числе и на вышеупомянутых примерах, что и для физических противоречий есть подходы и модели трансформации, облегчающие генерацию новых идей. Этому же служат и А-Каталоги № № 5—7 с приемами и стандартами на решение физических противоречий.

Основной, хотя и совсем небольшой, Каталог 5 Фундаментальные трансформации иллюстрируется ниже рисунками 12.2—12.5. Здесь необходимо сделать небольшие пояснения к некоторым из этих иллюстраций.

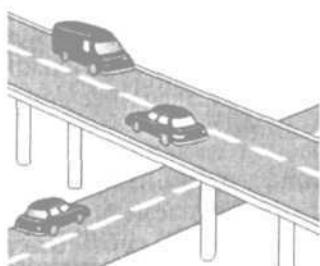
Большинство примеров иллюстрируют определенный доминирующий ресурс, например, пространственный или временной, соответствующий основной трансформации. Но при реализации трансформации оказываются задействованы и другие ресурсы, причем нередко не менее кардинально. Поэтому некоторые примеры могут одновременно хорошо иллюстрировать и другие трансформации.

Рассмотрим иллюстрации к фундаментальным трансформациям в качестве примеров и упражнений на формулирование физических противоречий, а также на анализ примененных ресурсов.

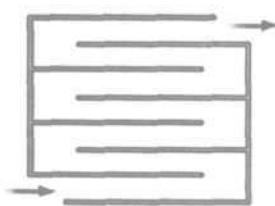
Пример 75. Фундаментальные трансформации в пространстве. Примеры моделей и решений физических противоречий к рисункам 12.2:

- Автомобили, выезжающие на перекресток дорог, пересекающихся в одном уровне, могут сталкиваться, и они не должны сталкиваться во избежание жертв и материального ущерба.

Решение: разнесение дорог на разных уровнях с помощью мостов или тоннелей (доминирующий ресурс — пространственный).



a)



b)



c)

Рис. 12.2. Примеры фундаментальных трансформаций в пространстве: а — расположение пересекающихся автобанов на разных уровнях; б — отделение и разделение пространства для упорядочения очереди; с — использование пустот в пространстве конструкции

- б) Большая толпа людей должна быть упорядочена для избежания неудобств движения и травм от столкновений или давки в узких проходах, и не должна быть упорядочена вне этих проходов.

Доминирующим ресурсом является пространственный в двух аспектах: отделение оперативной зоны и задание определенной траектории движения внутри оперативной зоны. Решение использует также структурный ресурс, так как в зависимости от ширины установленного прохода задает структуру очереди — по одному, по два и так далее. Для ограничения поступления людей в оперативную зону может использоваться также пространственно-временной ресурс — пропуск к разделительным барьерам небольших групп людей через определенные интервалы времени.

- с) Топлива на борту должно быть как можно больше и не должно быть много, чтобы облегчить балансировку самолета по мере использования топлива.

Используются: пространственный ресурс (заполняются пустоты в фюзеляже и крыльях), структурный ресурс (топливо разделяется на многочисленные части) и структурно-временной ресурс (топливо сначала выбирается от самых крайних емкостей вдоль фюзеляжа и крыльев).

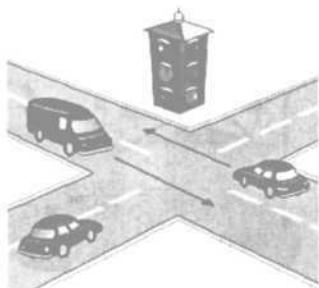
Пример 76. Фундаментальные трансформации во времени. Примеры моделей и решений физических противоречий к рисункам 12.3:

- а) то же, что и в пункте а) Примера 75;

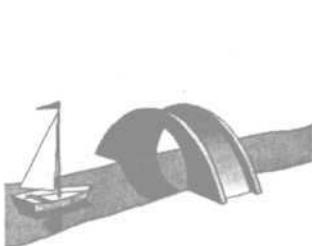
Решение: поочередное пересечение перекрестка конфликтующими потоками (доминирующий ресурс — временной).

- б) Лодка должна иметь мачту (для удержания паруса — на открытой воде) и не должна иметь мачты (чтобы свободно проходить под мостами).

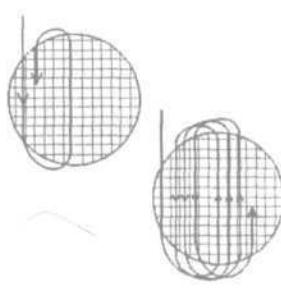
Лодка в оперативном времени обладает также переменной формой (пространственный ресурс), для чего в структуре мачты содержится динамический элемент (шарнир). В оперативном (конфликтном) времени мачта не выполняет своей главной полезной функции, а вне оперативного време-



а)



б)



с)

Рис. 12.3. Примеры фундаментальных трансформаций во времени: а — разделение пересекающихся транспортных потоков во времени; б — мачта опускается на время прохода под мостом; с — проход лучом лазера соседних линий разделен во времени

ни — выполняет. Все это в сумме и позволило разрешить конфликт во времени.

- c) Луч лазера должен проходить по соседним линиям для создания сплошного рисунка и не должен проходить по соседним линиям, чтобы пластина не перегревалась и чтобы не уменьшалась точность нанесения рисунка.

Запаздывание, с которым луч лазера попадает на соседнюю линию, позволяет избежать перегрева обрабатываемого материала — здесь в разрешении противоречия участвуют также пространственный ресурс (траектория движения луча) и вещественный ресурс (теплопроводность и теплоотдача материала).

Пример 77. Фундаментальные трансформации в структуре. Примеры моделей и решений физических противоречий к рисункам 12.4:

- a) Велосипедная цепь должна быть гибкой, чтобы точно огибать звездочки передачи, и должна быть жесткой и твердой, чтобы передавать значительные усилия между звездочками.

Структурное решение: части системы (звенья) твердые и негибкие, а вся система в целом (цепь) — гибкая. Проанализируйте роль и других ресурсов.

- b) Вне оперативного (аварийного) интервала времени спасательный трап должен иметь форму, не занимающую много места, а в оперативное время должен иметь оптимальную форму трапа.

В этом примере сделан акцент на контрасте «мягкие» элементы — «жесткая» система в целом. Но для работы спасательного трапа в оперативном времени используются также энергия и объемный ресурс сжатого воздуха (вещество) и, конечно, изменение формы (ресурс пространства).

- c) Деталь сложной формы должна быть прочно и надежно зажата для обработки и не должна быть сильно зажата, чтобы не повредить ее поверхность.

Доминирует пространственно-структурный ресурс — между прижимающими поверхностями тисков на специальной подставке располагаются

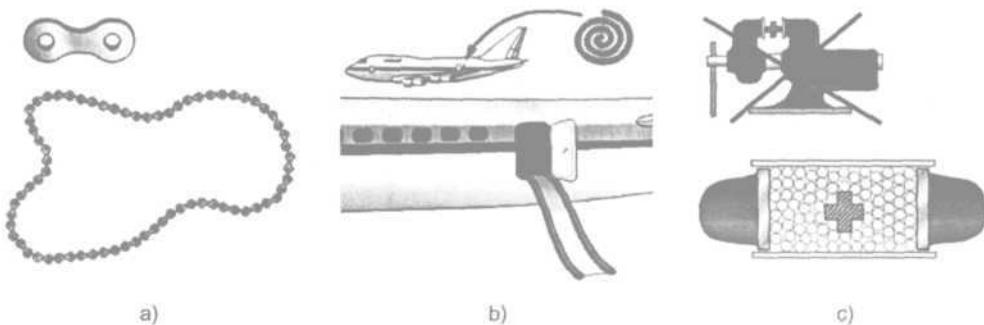


Рис. 12.4. Примеры фундаментальных трансформаций в структуре: а — звенья цепи — негибкие, а вся цепь — гибкая; б — мягкие элементы образуют в рабочем состоянии жесткий «трап»; в — подвижные цилиндры создают надежный зажим сложной детали

подвижные цилиндрические элементы, которые по мере сближения прижимающих поверхностей плотно охватывают деталь сложной формы, распределяя прижимное усилие по большей площади. Это обеспечивает прочное удержание деталей сложной формы в процессе обработки.

Пример 78. Фундаментальные трансформации в веществе. Примеры моделей и решений физических противоречий к рисункам 12.5:

- a) Вещества должно быть мало, чтобы иметь экономный двигатель, и вещества должно быть много, чтобы разность в объеме до и после горения была достаточной для выполнения работы.

Пример разрешения проблемы в веществе (в бензиновом двигателе): в процессе сгорания смеси небольшого количества бензина с воздухом продукты сгорания в виде высокотемпературного газа стремятся расширяться и с большой силой давят на поршень, скользящий в рабочем цилиндре. Выделившейся энергии достаточно, чтобы выполнить работу по перемещению поршня, движение которого через трансмиссию передается на колеса автомобиля, отталкивающиеся от земли и толкающие в итоге автомобиль вперед. Проанализируйте роль и других ресурсов.

- b) Солнцезащитные очки должны менять свою прозрачность в зависимости от освещенности и не должны требовать для изменения прозрачности каких-либо действий пользователя.

Идеальное решение в веществе: хроматические стекла сами меняют свою прозрачность в зависимости от освещенности!

- c) При фотосъемке вспышка должна быть, чтобы получить высокое качество снимка, и вспышка не должна быть, чтобы на фотоснимке зрачки глаз человека не были красного цвета (негативный эффект «красные глаза»).

Для предупреждения появления на фотографии так называемых «красных глаз» при съемке со вспышкой кроме биофизического эффекта реагирования глаза на вспышку света использован, по крайней мере, временной ресурс, а именно вспышка меньшей силы, создаваемая с небольшим упреждением перед основной вспышкой.

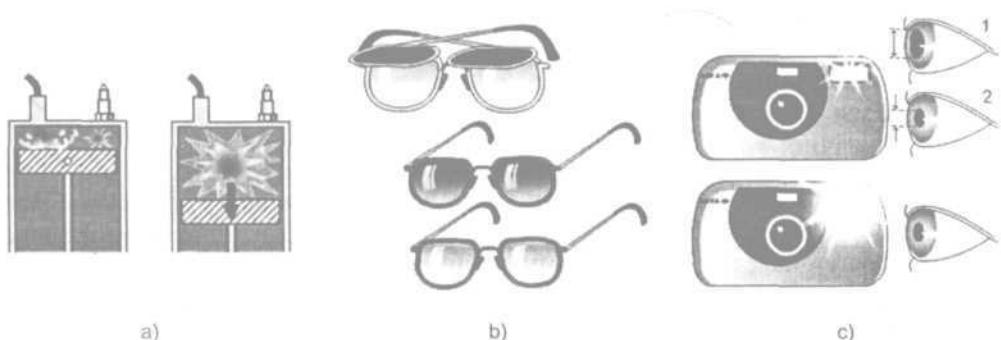


Рис. 12.5. Примеры фундаментальных трансформаций в веществе: а — получение полезной энергии при горении вещества; б — хроматические стекла сами меняют прозрачность при смене освещенности; в — предварительная вспышка сужает зрачок и устраниет красные «глаза»

Итак, по существу мы провели блиц-реинвентинг 12 технических решений, из которых не меньше половины являются настоящими изобретениями. Эти комментарии являются маленьким уроком понимания и выявления ресурсов в системах и в процессах.

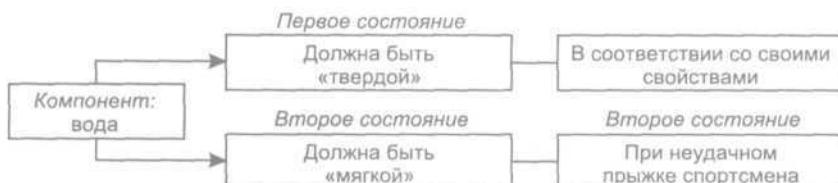
Каталоги 6 и 7 инструментируют фундаментальные трансформации с помощью А-Стандартов и А-Приемов. Действительно, многие стандарты и приемы хорошо согласуются по направленности рекомендаций с определенными фундаментальными трансформациями. Именно эти стандарты и приемы включены в каталоги в качестве более детальных и практических моделей трансформаций.

А теперь поработаем с более сложными задачами.

12.3. Принципы применения фундаментальных навигаторов

Пример 79. Тренировка по прыжкам в воду. Это одна из самых известных в ТРИЗ задач. Проблемная ситуация заключается в следующем. На тренировках по прыжкам в воду случаются неудачные попытки. При неправильном входении в воду спортсмен может получить травму из-за удара о полную поверхность. Как повысить безопасность тренировок?

Административное противоречие, заложенное в заданном вопросе, превратим в более конструктивную модель в виде физического противоречия:



Вполне очевидно, что в решении заинтересованы вещественный и структурный ресурсы: нужно сделать какое-то изменение вещества (воды), возможно только в ограниченной части системы (то есть не во всем бассейне). Ресурс времени играет вспомогательную роль и допускает, что решение задачи может применяться только на участке оперативного времени, а именно, если кто-то, например, тренер, видит, что прыжок может завершиться неудачно.

Обратимся к каталогу 6 Фундаментальные трансформации и Компакт-Стандарты. Просмотр каталога показывает, что несколько позиций представляют интерес. Воспроизведем их здесь (рис. 12.6) с интерпретацией применительно к условиям решаемой задачи.

Запишем функциональную идеальную модель па микроуровне: X-ресурс, в виде частиц вещества или энергии находится в оперативной зоне и обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами получение «мягкой воды».

Разделение в структуре	Системный переход I-с: вся система наделяется свойством С, а ее часть — свойством анти-С	Системой является весь объем воды в бассейне. Часть системы (оперативная зона) — объем воды в месте вхождения спортсмена в воду, например, условный цилиндр с диаметром 3 метра и высотой, точнее, глубиной от поверхности воды до дна бассейна. Вот эта часть воды должна быть «мягкой»
Разделение в веществе (энергии)	Фазовый переход I: замена фазового состояния части системы или внешней среды	Жидкость не сжимается. В этом причина «жесткости» воды при быстром контакте с ней — вода не успевает быстро раздвинуться, но и не сжимается. Сделать воду «мягкой» означает сделать ее «упругой», «сжимаемой», например, уменьшением ее плотности
	Фазовый переход 2: «двойственное» состояние одной части системы (переход этой части системы из одного состояния в другое в зависимости от условий работы)	Взять какую-то «другую» воду с меньшей плотностью не представляется возможным. Следовательно, целью может быть управляемое изменение свойств воды в оперативной зоне в оперативное время. При этом лучше это делать при каждом прыжке, если предполагаемое изменение свойств воды будет происходить с определенным запаздыванием

Рис. 12.6. Выбранные модели фундаментальных трансформаций для примера 79

Имея конкретную цель изменения состояния вещества (воды), например, с помощью соединения воды с каким-то другим ресурсом, обратимся к поиску ресурсов в системе и в окружении. Наиболее доступным ресурсом является воздух. Контрольное решение: подавать в воду воздух! Действительно, в оперативной зоне на дне бассейна устроен выход системы нагнетания воздуха с диффузором, разбивающим большие пузыри воздуха, которые плохо сохраняются в воде, на маленькие, насыщающие весь столб воды в оперативной зоне. Получаемая временная воздушно-водная смесь имеет значительно меньшую плотность, чем вода. Прыжки становятся безопасными.

Рассмотрите самостоятельно возможность решения этой задачи с помощью стандартных трансформаций (раздел 10.2).

Пример 80. Для тех, кто любит газоны, но не очень любит их стричь. «Проблему», спрятанную в названии примера, можно сформулировать в виде административного вопроса-противоречия: как реже стричь траву?

Превратим административное противоречие в физическое противоречие:

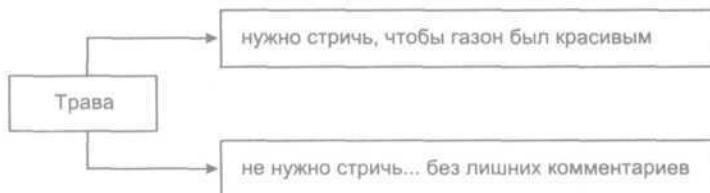


Рис. 12.7. Модель физического противоречия для примера 80

Вполне очевидно, что в решении должен быть задействован ресурс вещества, какое-то изменение этого вещества. Можно отметить причастность к решению

пространственного и временного ресурсов, однако, не как «решающих», а как целевых через идеальный конечный результат: грана растет до какой-то определенной длины, а далее прекращает свой рост. Не очевидна роль структурного ресурса. Однако обращение к каталогу дает по крайней мере три интересных способа, два из которых как раз относятся к структурному ресурсу (рис. 12.8).

Системный переход 1-б: от системы к антисистеме или объединение системы с антисистемой.
Системный переход 2: переход к системе, работающей на микроуровне.
Физико-химический переход: возникновение — исчезновение вещества за счет разложения — соединения, ионизации — рекомбинации и т. п.

Рис. 12.8. Потенциально важные трансформации для примера 80

Действительно, реализация идеального результата вполнеозвучна первым двум трансформациям, а вторая трансформация тесно связана с третьей. Вопрос только в том, чтобы найти и применить, если он известен, или создать механизм такого идеального процесса.

Контрольное решение: в университете города Канберра (Австралия) найдено вещество, которое тормозит рост травы. Работая с гормонами роста растений, исследователи обнаружили возможность получать вещество с противоположными свойствами, которое замедляет рост газонной травы в три раза. Полив газонов водой, содержащей анти-стимулятор (замедлитель) роста травы, увеличивает время между стрижками газона в несколько раз.

Сверхэффект: применение нового вещества может оказаться перспективным для уменьшения длины соломины злаков, что уменьшит опасность их полегания под воздействием ветра, дождя и тяжести колоса.

Пример 81. Кто победит — вертолет или самолет? Мы уже проводили учебный реинвентинг самолета с вертикальным взлетом и посадкой (см. пример 4). Ключевая идея состояла в применении приема 07 Динамизация. Для этого в конструкциях самолетов испытывались самые разные идеи и их комбинации: раздельные двигатели — отдельно для создания подъемной силы при взлете и посадке и отдельно для горизонтального полета; поворотное крыло (вместе с двигателями); поворотные двигатели; поворотные сопла реактивных двигателей; поворотные винты с подвижным приводом от неподвижных двигателей; поворотные лопатки на крыльях для отклонения газовой или воздушной струи и другие.

Что движет разработчиками таких самолетов? Ведь сегодня, казалось бы, в небе безраздельно доминирует вертолет! Как это происходило и во многих других областях техники, изобретение вертолета в первую очередь преследовало военные цели. В гонке идей только в принципе предусматривалось невоенное применение таких машин. И это применение состоялось, причем практически в полном диапазоне возможностей машин с вертикальным взлетом и посадкой: спасательные службы и медицинская помощь, полицейское патрулирование и научные наблюдения, туризм и даже такси. И все же вертолет представляет собой еще один пример массовой психологической инерции — он уже есть, а другие технические идеи и возможности все еще остаются

«фантазиями». А то, что этот вид технических систем унаследовал из поенной практики расточительный расход ограниченного общепланетарного запаса нефтепродуктов, просто не принимается во внимание и не является до настоящего времени глобальным критерием качества и эффективности. Однако, специалистам известно, что по сравнению с вертолетом самолет в 5 раз экономичнее и значительно безопаснее. Безопасность связана с возможностью совершить посадку в режиме обычного самолета с помощью планирования.

И только в последние годы мы видим примеры построения альтернативных систем невоенного назначения (хотя, безусловно, на базе машин первоначально военного назначения), например, фирмой Bell Helicopter TEXTRON, USA совместно с фирмой Boeing, USA — машина Bell/Agusta 609 на базе военных машины Bell Helicopter (от тяжелой машины Bell Boeing V-22 Osprey до легкой Bell/Agusta HV 609). Кстати, фирма Bell Helicopter является одним из пионеров построения самолетов с вертикальным взлетом и посадкой еще с начала 1950-х годов. В основном, это машины с поворачивающимися двигателями.

И все же известные конструкции самолетов с поворотными двигателями (крыльями и так далее) явно унаследовали от вертолетов сам «вертолетный принцип» вертикального старта и посадки, а именно, с помощью огромных винтов с вертикальной осью вращения. Можно ли радикально повысить экономическость и безопасность самолетов с вертикальным взлетом и посадкой (по крайней мере, с небольшой полезной нагрузкой, например, до одной тонны), чтобы они могли составить серьезную конкуренцию вертолетам и «гибридам» вертолетов с самолетами?

Упрощая предельно модель, как это и рекомендует ТРИЗ, можно сказать, что винты гибридного самолета создают поток воздуха, направленный вертикально для взлета и посадки. Винты отталкиваются от этого потока и поднимают весь самолет. Можно также сказать, что вертолет хорошо толкает воздух вниз и плохо — по горизонтали. А самолет хорошо толкает воздух по горизонтали, но вовсе не может толкать воздух вниз.

Управлять поворотом винтов сложно и небезопасно. Идеально, если бы они оставались неподвижными, как у обычного самолета, и были ориентированы для горизонтального полета. Иными словами, можно ли построить гибридный самолет, но отправляясь не от вертолета, а от самолета?

Тогда, принимая за прототип обычный самолет, нужно научить его хорошо отталкивать воздух вниз. Примем эту идею за идеальный конечный результат. Превратим административное противоречие в физическое противоречие:

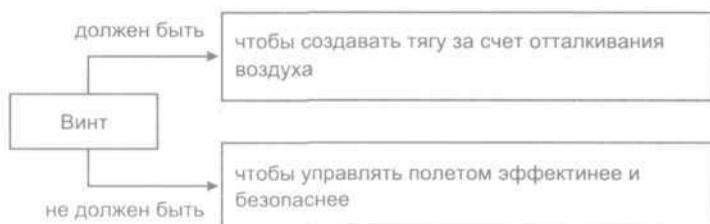


Рис. 12.9. Модель физического противоречия для примера 81

Доминирующие ресурсы: временной, пространственный и структурный. Временной ресурс участвует потому, что острый конфликт связан с двумя временными фазами полета — по горизонтали и по вертикали. Пространственный ресурс: нужно поворачивать поток воздуха в пространстве. Структурный ресурс: нужно, по крайне мере, использовать принцип «наоборот», а именно, отказаться от вертолетного старта и посадки, а найти иной способ поднятия и опускания самолета по вертикали.

Сложный характер участия ресурсов подсказывает целесообразность обращения к Каталогу Фундаментальные трансформации и А-Приемы (Приложение 7):

Контрольное решение: Московский авиационный институт (Москва, Россия) запатентовал новое техническое решение, аккумулирующее лучшие идеи из практики создания самолетов с вертикальным взлетом и посадкой (рис. 12.11) с ключевой идеей управления струями воздуха с помощью гибких поворотных пластин-решеток.

Связь А-навигаторов		Интерпретация
01 Разделение в пространстве	<p>Прием 05 «Вынесение»: отделить мешающую часть, выделить нужную часть.</p> <p>Прием 19 «Переход в другое измерение»: увеличить степени свободы движения объекта, использовать многоэтажную компоновку, использовать боковые и другие поверхности.</p> <p>Прием 34 «Матрешка»: разместить объект последовательно один в другом, пропустить объект через полости (пустоты) в другом</p>	Нужно отделить поток воздуха как управляемый объект, организовать его подачу в нужных направлениях, пропустить поток через машину (через корпус, крылья или другие детали). Пример: применение потока воздуха вместо стабилизирующего ротора
02 Разделение во времени	<p>Прием 07 «Динамизация»: сделать объект (части объекта) подвижным, оптимизировать характеристики процесса (объекта) на каждом шагу работы.</p> <p>Прием 18b «Посредник»: на время присоединить к объекту другой (легко-удаляемый) объект.</p> <p>Прием 40 «Непрерывность полезного действия»: устранить холостые и промежуточные ходы, все части объекта должны непрерывно работать с полной нагрузкой</p>	Поворачивать поток воздуха с помощью устройств-посредников, обеспечить непрерывность управления. Примеры: повороты сопла-стабилизатора в вертолете MD Explorer фирм Hughes Helicopters и McDonnell Douglas (этот вертолет не имеет хвостового ротора); повороты щелей в крыльях гибридных самолетов
03 Разделение в структуре	<p>Прием 03 «Дробление»: разделить объект на части, увеличить степень дробления.</p> <p>Прием 11 «Наоборот»: вместо действия, диктуемого обстоятельствами, сделать обратное.</p> <p>Прием 12 «Местное качество»: перейти от однородной структуры к неоднородной, чтобы каждая часть выполняла свою функцию и в наилучших условиях.</p> <p>Прием 35a «Объединение»: соединить однородные или предназначенные для соседних операций объекты</p>	Поток воздуха разделить на управляемые части. Управлять не поворотом винта, а поворотом струи воздуха с помощью посредников (см. выше пример машины MD Explorer). Для повышения надежности объединить устройства одного назначения. Пример: двойные двигатели на каждый винт в машине Bell/Agusta 609

Рис. 12.10. Важные трансформации и их интерпретация для примера 81

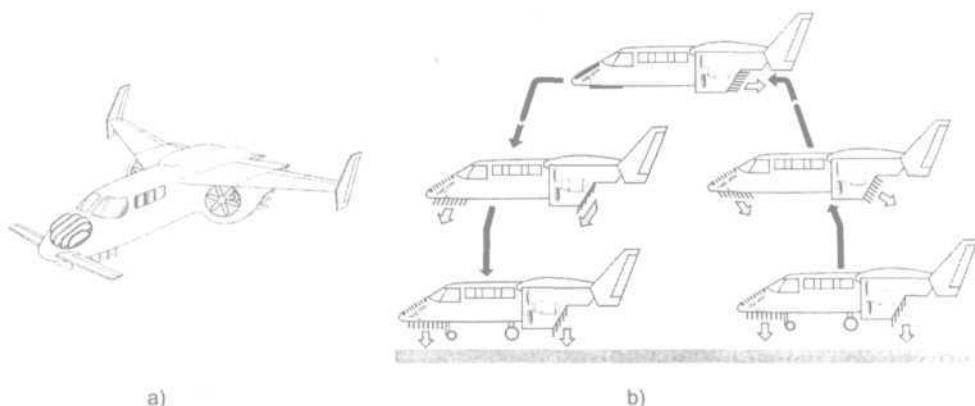


Рис. 12.11. Самолет с вертикальным взлетом и посадкой МАИ:
а — общий вид; б — фазы полета

Машина имеет три винта, приводимые в движение двумя газотурбинными двигателями (рис. 12.11,а). Носовой винт работает только при взлете и посадке. Подъемно-маршевые винты работают постоянно. Направление и режим движения зависят от положения управляемых пластин (рис. 12.11,б), которые менее инерционны и поэтому обеспечивают лучшую управляемость при взлете и посадке по сравнению с поворотными винтами. В горизонтальном полете передние воздухозаборные жалюзи и пластины управления закрыты.

Пример 82. Протезирование сосудов. Ряд операций на кровеносных сосудах, на стенках пищевода, на желчных протоках и на некоторых других сосудах проводится с установкой поддерживающего протеза (трубки, спирали и т. п.) внутрь или снаружи сосуда. Протез придает сосуду требуемую форму, либо расширяя сосуд, либо сжимая его. В обоих случаях возникает острое противоречие: рабочий диаметр (сечение) протеза не соответствует размеру (сечению) поврежденного сосуда. Так, в узкий сосуд надо вставить более широкий протез, а на расширенный сосуд надеть узкий протез. Применение протезов с пружинящими свойствами сложно при большой длине протеза, так как его трудно удерживать в предварительно сжатом состоянии при установке внутрь сосуда или, наоборот, в растянутом состоянии при установке поверх сосуда. Нужен протез, который мог бы сам устанавливаться в нужное рабочее состояние при исходном состоянии, удобном для проведения операции.

Первая модель физического противоречия: протез должен быть во время операции небольшим для установки внутрь сосуда и должен быть большим для постоянного пребывания внутри сосуда после операции.

Вторая модель физического противоречия: протез должен быть во время операции большим для установки снаружи сосуда и должен быть небольшим для постоянного пребывания снаружи сосуда после операции.

Важно отметить, что даже сами модели противоречий находятся в остром конфликте друг с другом, требуя прямо противоположных свойств от материала протеза! Итак, можно ли совместить «абсолютно несовместимое»?

Очевидно, что прежде всего нужно учитывать следующие три ресурса: пространственный — увеличение-уменьшение размеров; временной — интервал времени на операцию и послеоперационное функционирование протеза; вещественный — нужен материал с особыми свойствами, в идеале имеющий два устойчивых состояния, переход между которыми был бы управляемым.

В Каталоге Фундаментальные трансформации и А-Компакт-Стандарты (Приложение 6) имеется интересный пример в позиции 4.2, связанный с применением вещества с памятью формы. Если Вы не знакомы с такими материалами, то может быть, Вам будет интересно найти описания таких материалов в технических справочниках и энциклопедиях.

Контрольное решение: Научный центр хирургии Российской Академии медицинских наук, Московский институт сплавов и стали, Российский государственный медицинский университет и другие институты разработали серию различных протезов для сосудов на основе металлов с памятью формы. Например, спираль из никелида титана, скрученную до небольшого диаметра при температуре около 0 С, вводят через минимальный разрез в сосуд, где эта спираль постепенно нагревается до температуры тела, увеличивается в диаметре до рабочего размера и расправляет сосуд.

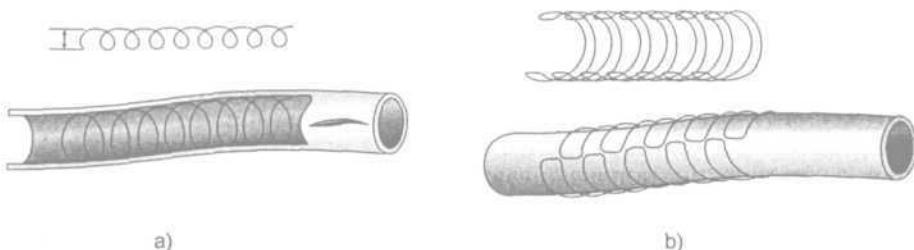


Рис. 12.12. Протезы для сосудов:
а — внутренние; б — внешние

Операция занимает меньше часа и идет без общего наркоза под наблюдением с помощью рентгенотелевидения. В другом случае каркас, состоящий из множества полуколец, при нулевой температуре разжимается так, чтобы ширина «разреза» полуколец стала больше размера оперируемого сосуда, и свободно надевается на сосуд. После нагрева металла до температуры тела края «разреза» сами соединяются, замыкая кольца, и протез надежно охватывает сосуд, не давая ему расширяться.

Пример 83. Естественный свет в зале парламента. Из центра смотровой площадки на куполе здания Рейхстага (см. также пример 31) вниз вершиной висит огромный конус 3, оснащенный 360 зеркалами, отражающими дневной свет прямо в зал парламента (рис. 12.13).

Физическое противоречие: свет должен быть (постоянно, так как зеркала неподвижны) и не должен быть (в яркий солнечный день, чтобы не слепить сидящих в зале).

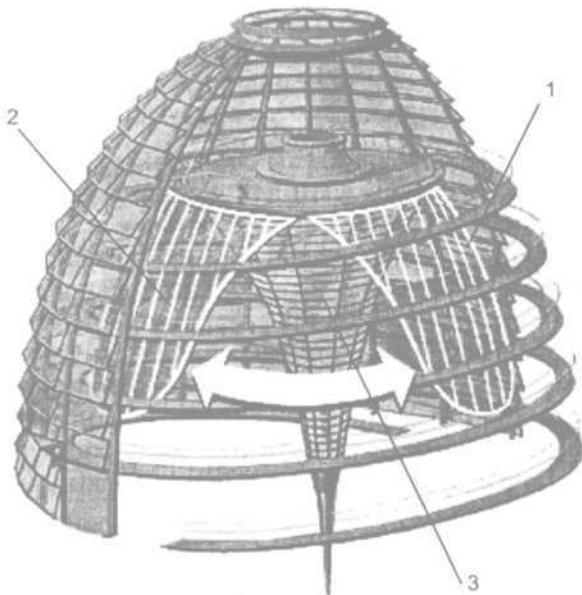


Рис. 12.13. Подача естественного света в зал Бундестага

Явно доминируют пространственный и структурный ресурсы. Обращение к Приложению 7 дает целый ряд подходящих приемов, действие которых мы рассмотрим при описании контрольного решения:

для отделения избыточного солнечного света от зеркал (05 Вынесение: отделить мешающую часть — свет; 12 Местное качество: каждая часть должна работать в наилучших условиях — зеркала) заранее установлен козырек (18 Посредник: присоединить на время другой объект; 28 Заранее подложенная подушка и 39 Предварительное антидействие: аварийные средства и противодействие нужно подготовить заранее), который подобен по форме верхней части купола (22 Сфериальность: перейти от плоских поверхностей к сферическим) и перемещается вокруг конуса с зеркалами от исходного положения 1 в конечное положение 2 по направлению движения солнца (07 Динамизация: характеристики объекта должны быть оптимальными на каждом шаге работы, сделать объект подвижным; 22 Сфериальность: перейти к вращательному движению; 39 Переход в другое измерение: переход к пространственному движению).

Описание приемов специально встроено в описание решения, чтобы детально рассмотреть работу приемов в контексте всего решения. Для этого нужно внимательно прочитать все описание решения несколько раз, останавливаясь для обдумывания на каждом выделенном фрагменте, пока все описание не станет легко восприниматься за один проход.

Пример 84. Газовая турбина концерна СИМЕНС. Краткое описание проблемной ситуации заключается в следующем. В любой энциклопедии можно прочитать, что для всех турбин, применяемых на теплоэлектростанциях, важнейшим показателем эффективности является коэффициент полезного действия (КПД). Этот показатель относительно выше у крупногабаритных турбин. Од-

нако с ростом размеров турбин растут проблемы обеспечения их надежности и долговечности. В первую очередь это связано с относительно небольшой долговечностью турбинных лопаток — главного элемента, воспринимающего температурную и механическую нагрузку от струй горячего газа.

В 1995 году в прессе были опубликованы сообщения о новой газовой турбине концерна СИМЕНС с рекордным КПД для турбин своего класса. Приводился и снимок турбины на сборочном участке. За счет чего был получен лучший в мире КПД, в публикациях не сообщалось. Но указывались, что были во многом решены проблемы, о которых я написал выше. Ранее мне не приходилось иметь дело с турбинами. Но я готовился к одному из первых своих семинаров в Германии и поэтому подбирал примеры технических решений германских фирм. Основываясь только на приведенной информации, в течение одного вечера я провел реинвентинг и получил результаты, которые и привожу ниже. Как позднее выяснилось при встречах с разработчиками этой турбины, ход моих рассуждений почти точно повторил ход их поисков, но как бы ускоренный в сотни раз.

Этап 1. Диагностика. Причина недолговечности турбинных лопаток заключается в том, что каждая лопатка испытывает экстремальные механические и термические нагрузки. При этом нагрузки носят ударный циклический характер. Ударные нагрузки могут вызывать разрушающие резонансные колебания. Термоциклические нагрузки ведут к ускоренному развитию усталостных явлений в материале лопаток. Поэтому турбину иногда приходится останавливать для ремонта лопаток, что также снижает полезную отдачу от турбины.



Рис. 12.14. Схема турбины-прототипа

В известных конструкциях имелись две симметрично установленные камеры сгорания, содержащие по несколько горелок (например, по 8). При выходе из строя двух или трех горелок турбину также надо останавливать для ремонта как из-за снижения КПД, так и из-за опасности возникновения вредных вибраций.

При работе камер сгорания продукты горения давят на лопатки и тем самым поддерживают вращение турбины. Ясно, что лопатка испытывает максимальный механический и тепловой удар сразу за камерой сгорания. Затем давление на лопатку и ее температура уменьшаются до попадания в зону другой камеры сгорания. И так дважды за один оборот турбины.

Как можно улучшить конструкцию турбины?

Этап 2. Редукция. В качестве нулевой оперативной зоны примем рабочую поверхность лопатки. Сформулируем физическое противоречие и представим в виде ФПМ (рис. 12.15). Из анализа обеих версий ФПМ видно, что идеальным конечным результатом было бы непрерывное давление продуктов горения на лопатку при постоянной температуре!



Рис. 12.15. Модели физических противоречий для примера 84

Далее, из анализа ресурсов нетрудно видеть, что энергетический поток (давление продуктов горения) не является непрерывным, что не соответствует идеальной функциональной модели. Следовательно, решение можно искать в направлении согласования устройства турбины с требованиями идеального конечного результата.

Однако, для этого необходимо искать ресурсы вне поверхности лопатки в более широкой оперативной зоне, например, в объеме рабочего пространства, в котором перемещаются лопатки. К важнейшим ресурсам относятся: пространственный — весь объем вокруг турбины, включая некоторый объем корпуса турбины, который непосредственно граничит с рабочим пространством, (его можно заполнить какими-то устройствами); временной — время перемещения лопаток между камерами сгорания (это время должно быть минимальным).

Этап 3. Трансформация. Составим «портрет» решения в общем виде, опираясь на «пространственные» рекомендации таблицы 7 (см. приложения):

Прием 19 «Переход в другое измерение»: использовать многоэтажную компоновку, использовать боковые и другие поверхности.

Прием 34 «Матрешка»: пропустить объект через полости (пустоты) в другом.

Прием 02 «Предварительное действие»: расставить объекты так, чтобы они быстрее вступили в действие.

Прием 40 «Непрерывность полезного действия»: устраниТЬ холостые и промежуточные ходы, все части объекта должны непрерывно работать с полной нагрузкой.

Прием 03 «Дробление»: разделить объект на части.

Прием 12 «Местное качество»: каждая часть должна выполнять свою функцию и в наилучших условиях.

Идея решения (рис. 12.16): камеры сгорания, дающие концентрированный удар, нужно разделить (по принципу 03) и применить много отдельных горелок, расположенных по окружности рабочего пространства турбины (по принципам 19 и 34); это сократит время перемещения лопатки между горелками (по принципам 02 и 40), уменьшит перепад температур и ослабит силу механического удара (по принципу 12).

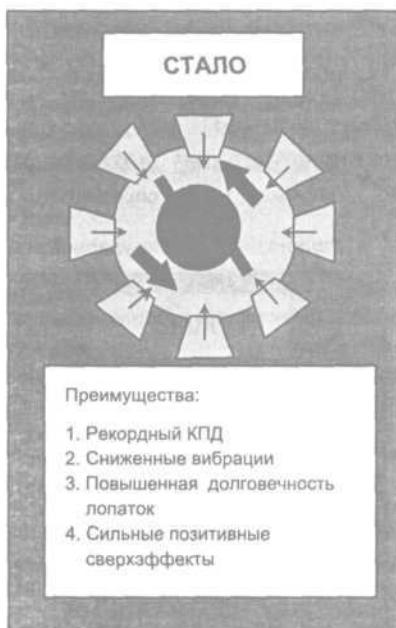


Рис. 12.16. Схема новой турбины

Пример 85. Самолет XXI века? Воздух не только поддерживает самолет, но и тормозит его движение. Причем сопротивление воздуха растет в большей степени, чем скорость самолета. Энергия сожженного топлива расходуется в основном на работу по расталкиванию молекул сопротивляющегося воздуха (для сравнения посмотрите еще раз пример Пример 47. Судно на подводных крыльях). При этом атмосферный воздух разогревает носовую часть аппарата до недопустимой температуры.

Поэтому для полета с гиперзвуковыми скоростями, например, более 10 М (число Маха показывает, во сколько раз превышается скорость звука), аппарат должен выходить в высокие разреженные слои атмосферы и даже в ближний космос. Однако на этом пути возникают фундаментальные проблемы создания гиперзвуковой машины:

- 1) конструкция гиперскоростного двигателя;
- 2) энергоснабжение бортовых систем;
- 3) топливо для двигателей;
- 4) перегрев носовой части аппарата;

Решение этих проблем мы рассмотрим на примере реинвентинга гиперзвукового самолета Нева, концепция которого разработана в Санкт-Петербурге (Россия) группой инженеров под руководством Владимира Фрайштадта.

Для полетов с гиперзвуковыми скоростями используется прямоточный воздушно-реактивный двигатель (рис. 12.17). Его рабочим телом является воздух 1, попадающий в двигатель во время движения через воздухозаборник и выходящий через сопло в виде раскаленного газа 2. В двигателе сжигается топливо 3, что приводит к разогреву рабочего тела. Разогретый воздух расширяется и вместе с продуктами сгорания вырывается через сопло, толкая самолет вперед.

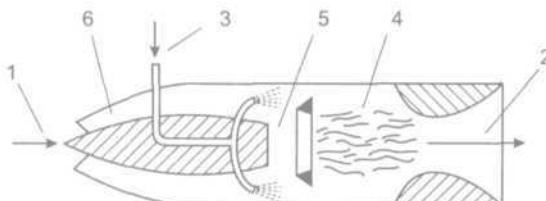


Рис. 12.17. Принцип работы прямоточного воздушно-реактивного двигателя

Проблема: достижение гиперзвуковых скоростей истечения рабочего тела из двигателя. Ее решение обычно связывалось с дожиганием 4 выходной смеси. Но это неперспективно для скоростей в 10 М и более. Кроме того, перед камерой сгорания 5 воздух должен иметь значительную плотность, что обеспечивается специальной формой воздухозаборника 6 двигателя (диффузора). Но уплотнение воздуха за счет создания механического препятствия ведет, по-существу, к торможению самолета.

Итак, модели физических противоречий:

- 1) сжатие воздуха перед камерой сгорания двигателя должно быть, чтобы обеспечить работу двигателя, и сжатия воздуха не должно быть, чтобы не тормозился самолет;
- 2) ускорение истечения газов из сопла должно быть, чтобы достигать гиперзвуковых скоростей, и ускорения не должно быть, так как это противоречит способу получения ускорения (дожигание смеси).

Присутствие взаимно-обратных процессов на «входе» и «выходе» двигателя явно указывает на целесообразность разработки структурного направления 3.2 из Каталога Фундаментальные трансформации и А-Компакт-Стандарты, а также направлений 3.4 и 4.5, так как здесь явно задействованы вещественно-энергетические ресурсы. Оба невыполнимых требования (сжатие входящего воздуха и ускорение смеси) показывают, что нужна смена принципа работы двигателя. Здесь мы впервые обратимся к ещё одному инструменту ТРИЗ — к физико-техническим эффектам (см. следующий раздел 13). В позициях 5, 6, 12, 17 и 28 Приложения 8 находим сходные указания о возможности применения к газам магнитных полей.

Дополнительный просмотр технических энциклопедий вскоре мог бы вывести нас на магнитогидродинамические генераторы — МГД-генераторы. Однако они используются для получения электротока (рис. 12.18).

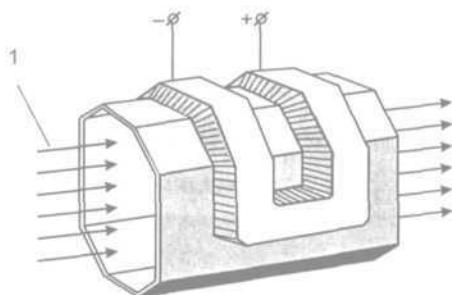


Рис. 12.18. Принцип работы МГД-генератора тока

Предположим, что на входе в двигатель воздух ионизирован.

Частицы ионизированного воздуха 1, пролетая через магнитное поле МГД-генератора, наводят в его катушках электрический ток. Но при этом ионизированные частицы тормозятся! Если такой МГД-генератор поставить на входе в известный прямоточный воздушно-реактивный двигатель, то можно осуществить замедление входного потока воздуха без замедления движения самолета, да еще попутно получить бортовую электростанцию! Вот пример успешного использования приема 21 Обратить вред в пользу: использовать вредные факторы, в частности, вредное воздействие среды, для получения положительного эффекта.

МГД-генератор нужен для замедления воздуха, а получили бортовую электростанцию! Решена проблема № 2.

Но как ускорить выходной поток газа? И вот здесь конструкторы явно поступили по приему 11 Наоборот: они подали достаточный ток в катушки МГД-генератора, и образовавшееся мощное магнитное поле многократно ускорило движение вылетающего из камеры сгорания ионизированного газа. МГД-генератор стал МГД-ускорителем, или, в данном случае, МГД-двигателем!

Контрольное решение: предложен новый двигатель для гиперзвуковых аппаратов, дважды использующий принцип МГД-генератора — прямой и обрат-

шенный (рис. 12.19). В качестве исходного рабочего тела должен быть использован ионизированный воздух 1, и тогда расширяющийся ионизированный газ 2 (продукты сгорания) может дополнительно ускоряться в магнитном поле МГД-генератора 3 вплоть до 25М, то есть до первой космической скорости!

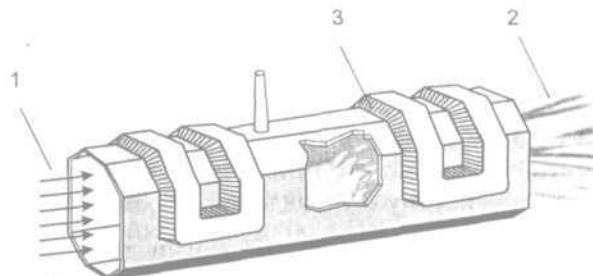


Рис. 12.19. Принцип работы двигателя для гиперзвукового самолета

Таким образом, применение МГД-генератора и МГД-двигателя образует в одном техническом решении высокоэффективную пару — систему и антисистему. Решена проблема № 1.

Вы, конечно, заметили, что остался вопрос: а где взять ионизированный воздух для такого двигателя? То есть снова имеет место определенное физическое противоречие: ионизированный воздух должен быть (для работы двигателя) и его не должно быть (так как молекулы воздуха в нормальном состоянии нейтральны). Явно нужно продолжить разработку рекомендации 4.5 из Приложения 6: применить физико-химический переход, связанный с ионизацией (воздуха). Обратимся к справочникам и найдем, что одним из весьма подходящих технических решений для ионизации воздуха может быть применение удара лазерного луча.

Контрольное решение: предложено создавать ионизированный поток воздуха воздействием лазера перед воздухозаборником двигателя (рис. 12.20). Излучение лазера 1 превращает нейтральные молекулы 2 воздуха в отрицательно заряженные ионы 3. Ионизированный поток воздуха 2 поступает в первый МГД-генератор для торможения и для наведения в генераторе электрического тока. Относительно небольшая часть тока от МГД-генератора снова используется для питания лазера.

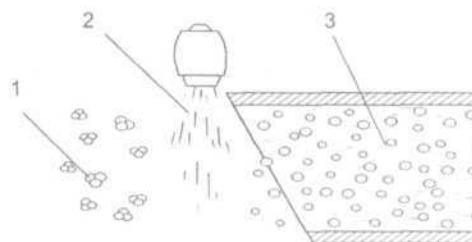


Рис. 12.20. Ионизация воздуха ударом лазерного луча

А теперь рассмотрим проблему № 3 — топливо. Основным топливом для реактивных двигателей является керосин. В камере сгорания керосин нагревается, испаряется и начинается активный процесс окисления кислородом (горение). Мы видим, что часть энергии уходит на нагрев топлива. Сформулируем физическое противоречие: топливо должно быть предварительно нагрето, чтобы испаряться для последующего горения, и топливо не должно быть нагрето, чтобы на нагрев не тратилась энергия в камере сгорания, а значит и была бы выше температура продуктов горения.

Системный анализ условий работы и структуры всей машины показывает, что снова нужно обратиться к только что примененным рекомендациям 3.2 и 4.5: объединить систему и анти-систему с управлением процессами на микроуровне!

Итак, на самолете должен быть источник энергии для предварительного нагрева топлива. Просмотрите еще раз начальное описание проблем создания такого аппарата и Вы найдете бесплатный источник тепловой энергии! Нужно использовать керосин для охлаждения перегретой носовой части летательного аппарата! Заметьте, что мы снова имеем дело с замечательным применением приема 21 Обратить вред в пользу.

Контрольное решение: корпус самолета в носовой части делается с двойными стенками, между которыми циркулирует керосин 1, отбирая тепло от внешней стенки (рис. 12.21).

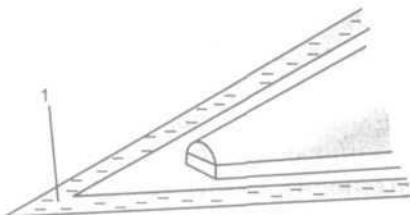


Рис. 12.21. Охлаждение носовой части аппарата с предварительным нагревом керосина

Одновременно решены проблемы № 3 и № 4.

Высокоэффективное решение всегда несет с собой сверхэффекты, то есть неожиданные, не планировавшиеся положительные явления!

1. Кинетическая энергия набегающего воздуха стала из вредного положительным фактором, обеспечивая работу бортовой электростанции мощностью до 100 Мегаватт! Такой энергии достаточно для снабжения небольшого города. При этом часть энергии потребляет лазер, а часть идет на работу МГД-ускорителя. Остальная энергия может быть использована для обеспечения других функций жизнедеятельности самолета, а также для выполнения полезной работы: сжигание космического мусора, затягивание озонных дыр и т. п.
2. Применение для создания ионизации и ускорения рабочего тела не механических систем, а особой структуры электромагнитных систем, состоящей из системы и анти-системы, позволяет достичь первой космической

скорости полета! Энергия извлекается из ионизированного потока и направляется на ионизацию и ускорение этого (нагретого) потока.

3. Проблема охлаждения корпуса самолета решена идеально — без создания специальной системы! То есть и проблемы нет, и затрат на ее решение тоже нет! Действительно, корпус охлаждается циркулирующим керосином, предварительный нагрев которого повышает эффективность работы двигателя!
4. Совершенно новый сверхэффект: ионизированный воздух не только попадает в двигатель, но и обтекает самолет, что можно использовать для создания дополнительной подъемной силы, увеличивая с помощью электромагнитов сопротивление движению воздуха под самолетом и уменьшая сопротивление воздуха над самолетом!
5. Наконец, еще один исключительный эффект: поскольку в состав топлива кроме керосина входит и вода, то при термохимическом разложении в присутствии катализатора из нее выделяется свободный водород, что приводит к ускорению сгорания топлива по сравнению с двигателями на жидком водороде в 5 раз!

На рис. 12.22 приведен общий вид гиперзвукового летательного аппарата *Нева*, как он представляется его создателям, а на рис. 12.23 приведена схема и время полетов аппарата *Нева* между отдаленными пунктами земного шара.

В заключение этого раздела вновь нужно обратить внимание на то, что приведенные примеры были упрощены и адаптированы автором с целью понима-

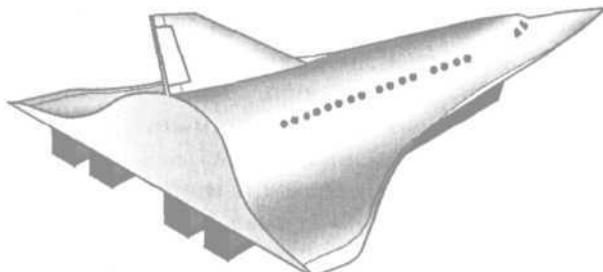


Рис. 12.22. Общий вид гиперзвукового летательного аппарата *Нева*



Рис. 12.23. Схема возможных рейсов *Невы*

ния возможно более широкой читательской аудиторией и использованы исключительно в учебных целях, то есть только как иллюстрации ТРИЗ-инструментария. И еще вот о чем: в ТРИЗ рекомендуется использовать примеры из разных областей знания — это помогает преодолевать психологическую инерцию, обусловленную ограниченными профессиональными знаниями, интересами и традициями. Этой рекомендации автор также старался следовать.

Наконец, последнее, но не менее важное: ТРИЗ-инструментарий хорошо работает только на основе профессиональных знаний и при достаточно большой практике его применения. Это положение нужно помнить и не смущаться, если Ваши первые самостоятельные попытки применения ТРИЗ-инструментов покажутся Вам не столь впечатляющими, как некоторые из приведенных здесь примеров. Эта книга уже изменила Ваше мышление, усилила его интеллектуальную вооруженность! Просто задачи, которые Вы теперь поставили перед собой, намного сложнее, чем это могло бы произойти раньше или без знания Вами инструментов ТРИЗ. И эти задачи в разумное время и с отличным результатом могут быть решены только с ТРИЗ!

13. Навигаторы поиска нового принципа функционирования

13.1. Каталоги технических эффектов

В самом общем виде эффектом можно назвать функциональную зависимость между двумя процессами. Это означает, что изменение одного процесса, называемое причиной, ведет к изменению другого процесса, называемому следствием. Собственно функциональную связь называют эффектом. Процесс обычно представляется каким-то параметром, например, давление, температура, скорость, ускорение и т.д. Тогда изменение значения параметра есть реализация процесса. Крайним случаем является также сохранение параметра неизменным.

В технике часто пользуются моделью, связывающей эффект с определенной технической системой (элементом), реализующей этот эффект. Например, пропускание тока через металлическую спираль ведет к нагреву спирали и к излучению тепловой энергии (для простоты мы не рассматриваем здесь другие эффекты, присутствующие в этой простой системе). То есть ток является причиной появления теплового излучения (следствия). В технической системе процесс-причину часто называют входным процессом, а процесс-следствие — выходным. Соответственно, совокупность элементов системы, непосредственно взаимодействующих с входным процессом, называют входом системы, а взаимодействующих с выходным процессом — выходом системы. Эффект называют действием, функцией, функционированием, преобразованием и другими терминами. Так что, в приведенном примере на вход нагревательного элемента подается электрический ток, а с выхода снимается тепловое поле, при этом нагревательный элемент осуществляет преобразование тока в тепловую энергию. В самих названиях систем (элементов) обычно закрепляется главное физическое действие, осуществляющееся этой системой (элементом). Для приведенного примера мы могли бы услышать такое его название «электрический нагревательный элемент». Главное в этом названии, это закрепление принципа действия элемента. Могло быть применено и название «электрическая нагревательная спираль», если бы кроме принципа действия нужно было подчеркнуть еще и устройство (форму или конструкцию) элемента.

Теперь можно в общем виде определить технический эффект как любое действие, преобразование, явление или функционирование, используемое в качестве принципа действия технической системы для создания самой системы. Например, можно сказать, что принцип действия рассмотренного нагревательного элемента основан на преобразовании энергии электрического тока в тепловую энергию с помощью пропускания тока через металлическую спи-

раль. Дополнительно к этому могут указываться параметры преобразования, материалы и т. д., то есть условия работы такой системы.

Различают однофункциональные эффекты и сложные, составные (многопроцессные и многопараметрические). Функционирование технических систем представляет собой сложное взаимодействие множества различных эффектов. Для ориентированной классификации и применения составляются каталоги физико-технических эффектов (то есть физических явлений, примененных в технике), химико-технических, биотехнических и других. Для сокращения названий эффектов и каталогов часто опускают добавку «технический» и говорят, например, «каталог физических эффектов», «геометрические эффекты» и т. д.

Как правило, основой выдающихся изобретений было первое использование ранее неизвестного эффекта, обычно называемого открытием, или неожиданное, новое использование известного эффекта (комбинации нескольких эффектов). Достаточно напомнить о создании радиотехники, образно говоря, на основе эффекта электромагнитного излучения куска металлического провода при прохождении по нему электрического тока (см. раздел 1 Изобретение цивилизации). Сам Генрих Герц не сумел предвидеть, что его открытие не только можно будет практически использовать (что он полагал нереальным из-за технических проблем, казавшихся непреодолимыми), но и совершил вскоре грандиозную революцию в развитии цивилизации,

В ТРИЗ на основе анализа сотен тысяч изобретений были составлены каталоги технического применения нескольких сотен эффектов. Для каждого применения были описаны вместе содержание эффекта и его техническая реализация примерно в следующем виде (приводится в сокращении — рис. 13.1).

Широкое применение модели технических эффектов получили только с появлением пионерского софтвера Invention Machine, а позднее крупнейшая база знаний технических эффектов была создана и постоянно пополняется в софтвере Tech Optimizer (см. раздел 21.1).

Паспорт технического эффекта	
Название	Люминисценция
Описание	Излучение света телами, избыточное над их тепловым излучением и имеющее после прекращения действия возбудителя длительность, намного превышающую период световых волн
Классификация	Различается по виду возбудителя, например, фото-, катодо-, электро-, трибо-, рентгенолюминисценция и т. д.
Применение	<ol style="list-style-type: none"> Отображение информации — различные телевизионные экраны. Выявление дефектов: дефектоскопия, выявление утечки веществ. Функции обнаружения: люминисцентный анализ в криминалистике, медицине, геологии, защита денег и документов от подделки. Функции измерения: исследование свойств материалов датчиками, яркость и спектр свечения которых зависят от параметров веществ и полей — химического состава, температуры, давления и т. д. Освещение: светодиоды, люминесцентные лампы (дневного света), электролюминесцентные конденсаторы и др.

Рис. 13.1. Паспорт технического эффекта

Практическое применение нашли также сокращенные каталоги (Приложения 8–10), в которых для часто встречающихся технических действий указаны физические, химические или геометрические эффекты (в соответствии с назначением каталога), имевшие примеры эффективных технических реализаций. Сами примеры не приводятся, так как предполагается, что пользователь обратится к доступным ему техническим энциклопедиям и справочникам, зная названия эффектов, которые он выбрал в качестве возможного принципа действия. Этот простой и практичный подход реализован также в софтвере PentaCORE (см. раздел 21.3), в котором автоматизирована функция обращения к поисковым системам ряда специализированных и универсальных энциклопедий, доступных в Интернет.

Следует указать также на связь эффектов с другими трансформациями. Так, совершенно очевидно, что физические эффекты являются базой для таких приемов как 01 Изменение агрегатного состояния, 04 Замена механической среды, 06 Использование механических колебаний и многих других. Химические эффекты присутствуют как базовые в приемах 15 Отброс и регенерация частей, 23 Применение инертной среды, 26 Использование фазовых переходов и в других. На геометрические эффекты опираются приемы 10 Копирование, 11 Наоборот, 19 Переход в другое измерение, 22 Сфериальность, 34 Матрешка и другие. В качестве очень полезного, хотя и трудоемкого, упражнения Вы сами можете установить связь базовых технических эффектов с комплексными и фундаментальными трансформациями.

Завершим этот раздел замечанием о том, что базовые технические эффекты должны отражать в идеале всю сумму научно-технических знаний, выработанных человечеством. Такие системы как Tech Optimizer, CoBrain и Knowledgist (см. раздел 21.1) развиваются именно на этом стратегическом направлении. Каждый из нас овладевает только частью этих знаний. Сюда входят универсальные знания, полученные в школе, специализированные знания, полученные в высшей школе, и знания, которые мы постоянно накапливаем при самостоятельной работе с источниками научно-технической информации. Разумеется, что мы используем относительно малую часть этих общих знаний, а именно ту, которая имеет непосредственное отношение к нашей отрасли. В то же время мы уже отмечали, что немало выдающихся изобретений возникало при привлечении для их создания знаний из других областей. Поэтому полезно усиливать свой творческий потенциал по крайней мере ознакомлением с имеющимися базами знаний технических эффектов и изучением ключевых идей, на которых основаны решения в других областях науки и техники.

13.2. Принципы применения технических эффектов

Трансформации с помощью технических эффектов основаны на принципе аналогии или на прямой реализации требуемой функции известным техническим решением (с поправкой на конкретные условия нового применения). Вместе с тем, все технические системы есть не что иное, как некоторые комбинации технических эффектов, реализованных в определенных конструкциях. При

этом комбинации, обладающие признаками полезности и абсолютной новизны, признаются изобретениями.

Охватить всё разнообразие и тонкости работы с техническими эффектами очень не просто даже при наличии софтверной поддержки. Поэтому далее мы покажем только несколько примеров, которые могут служить лишь иллюстрацией и введением в чрезвычайно разнообразный инструментарий технических эффектов.

Пример 86. Все ли гвозди цилиндрические? Обычный «цилиндрический» гвоздь хорошо входит в дерево, но со временем под действием изменений температуры и механических колебаний может расшатываться. Можно сказать, что само дерево легко «управляет» перемещением гвоздя. Обратимся к каталогу Геометрические эффекты (Приложение 10) с целью поиска подходящих рекомендаций для возможного изменения «принципа действия» гвоздя. В пункте 9 Снижение управляемости находим рекомендацию Замена круглых объектов на многоугольные. Контрольное решение: в Польше выпускается гвоздь с треугольным сечением, который лучше «сидит» в дереве, чем обычный гвоздь с круглым сечением.

Пункт 10 того же каталога Повышение срока службы, надежности содержит рекомендации Изменение площади контакта и Специальный выбор формы. Контрольное решение: в Германии выпускается гвоздь с четырехугольным сечением, но закрученным относительно оси симметрии по длине гвоздя так, что получается подобие шурупа с «шагом витка», равным длине шурупа (иначе: на гвозде образуется один «виток» с четырьмя нитками по количеству углов многоугольника первоначального сечения). Такой «гвоздь» является промежуточной конструкцией между гладким гвоздем и шурупом, но проще в производстве, чем шуруп, а держится в дереве намного лучше, чем гладкий гвоздь.

Пример 87. Приятный... шум улицы. Громкий, непрерывный и относительно монотонный шум с улицы от сплошного потока машин утомляет и мешает работе. Обычная штора несколько снижает общий уровень шума, но его монотонность остается. Монотонность объясняется равномерным спектром (структурой) частот акустических колебаний, генерируемых транспортным потоком. Обратимся к каталогу Физические эффекты (Приложение 8) и в пункте 24 Создание заданной структуры, стабилизация структуры выберем эффект Механические и акустические колебания.

Из курса физики известно, что изменение структуры спектра каких либо сложных колебательных процессов (в том числе и акустических) может быть обеспечено применением так называемых частотных фильтров, посредников-преобразователей, которые хорошо пропускают колебания с определенной частотой и не пропускают (или ослабляют) колебания с другими частотами. Контрольное решение: в Англии предложена штора, конструкция которой содержит норы разных размеров и реализует идею механической фильтрации звуковых колебаний таким образом, чтобы полосы пропускания композиции фильтров примерно соответствовали спектру морского прибоя. Такой шум не вызывает негативных явлений утомляемости, потери внимания и т. п.

Пример 88. Контроль износа двигателя. При износе двигателя увеличивается количество микрочастиц металла, попадающих в масло, смазывающее и охлаждающее движущиеся части. Следовательно, оценивая количество металлических частиц в масле, можно оценить степень износа двигателя. Проблема: как заметить присутствие металлических частиц в масле и оценить их количество?

При просмотре каталога Физические эффекты (Приложение 8) обращают на себя внимание пункты 5 Индикация положения и перемещения объекта и 22 Контроль состояния и свойств в объеме. Зная уже принципы применения добавок по комплексным трансформациям, мы можем предположить, что это выглядит перспективно и не сложно по сравнению с другими рекомендациями. Поэтому, можно остановиться на рекомендации Введение «меток» — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики) и потому легко обнаруживаемых. В справочниках можно более подробно рассмотреть применение люминисценции и попытаться интерпретировать найденные примеры применительно к решаемой проблеме. В данном случае, мы обратимся к приведенному выше паспорту физического эффекта Люминисценция, а затем продолжим поиск по справочникам более детальной информации для пункта 4, чтобы уточнить, каким именно образом яркость и спектр свечения люминофоров зависят от параметров веществ и полей — химического состава, температуры, давления и т. д. Мы обнаружим, что металлические частицы уменьшают яркость люминисцентного свечения. Отсюда возникает идея принципа действия будущей измерительной системы: если в масло добавить люминофор, то с увеличением количества металлических частиц в масле яркость свечения люминофора будет уменьшаться. Это и будет свидетельствовать об увеличении износа двигателя.

Пример 89. Распустится ли роза, срезанная еще бутоном? Чтобы иметь максимально возможный срок до продажи роз после срезания, их можно срезать нераспустившимися. Это позволяет доставить розы отдаленным продавцам. Как гарантировать, что бутоны распустятся?

Мы можем вести поиск какого-то подходящего химического эффекта (Приложение 9) из пунктов 22 Контроль состояния и свойств в объеме (в частности, реакции с применением цветореагирующих веществ или веществ-индикаторов) и 23 Изменение объемных свойств объекта (плотность, концентрация и т. д.). Понятно, что для выяснения этого вопроса нужно было проводить предварительные исследования и найти какой-то индикатор, вещество или поле, присутствие которых в розах помогло бы надежно оценивать своевременность срезания роз. И результаты подобных исследований достаточно известны. Так, мы могли бы выяснить, что крахмал при взаимодействии с йодом дает интенсивное синее окрашивание. А крахмал является основным ресурсным углеводом растений. Тогда, действуя по аналогии, мы могли бы предложить применить пробу на окрашивание срезанных бутонов под воздействием пола. Контрольное решение: исследователи из Wageningen Agriculture University (Голландия) установили, что при содержании крахмала в бутоне менее 10% сухой массы цветка роза не распустится. Для этого бутону не хватит энергетических ресурсов, запасенных в крахмале.

Пример 90. Можно ли изобрести новый «принцип действия» футбольного мяча? Обратимся, например, к пункту 5 Интенсификация процесса каталога Геометрические эффекты (Приложение 10). Из эффектов этого пункта вполне привлекательно выглядят рекомендации Переход от обработки по линии к обработке по поверхности и Эксцентриситет (смещение оси вращения тела от «оси симметрии»).

Первая рекомендация ассоциируется, в частности, с физическим эффектом Магнуса из пункта 6 Управление перемещением объекта из каталога Физические эффекты (Приложение 8). Действительно, многие ли знают, что именно этот эффект строго научно объясняет и описывает поведение футбольного мяча, летящего по кривой траектории? В соответствии с эффектом Магнуса, тело, вращающееся в набегающем потоке газа (жидкости), испытывает воздействие поперечной силы. А именно, тело получает дополнительное смещение в ту сторону, на которой направление его вращения совпадает с направлением относительного движения набегающего потока газа (жидкости). Теперь Вы можете вспомнить и легко проанализировать, в какую сторону был закручен футбольный мяч при великолепном голе, когда мяч по крутой траектории облетел «стенку» защитников и, неожиданно повернув, влетел в ворота. Этот эффект (может быть не зная его названия) хорошо знают и теннисисты.

А вот волейболисты хорошо знают другой эффект: в момент улара по волейбольному мячу на подаче при определенной ориентации мяча, учитывающей положение на покрышке ниппельного отверстия для накачивания, мяч через несколько метров полета вдруг несколько меняет свою траекторию, как бы прыгая в сторону. Этот эффект объясняется тем, что сначала (при ударе) ниппельное отверстие находится под рукой подающего, а потом во время полета несколько смещается из-за небольшой закрутки мяча под воздействием набегающего потока воздуха, из-за чего происходит дополнительное смещение центра тяжести мяча и еще большее отклонение (неожиданный прыжок в сторону) от первоначальной «прямой» траектории полета.

Контрольное решение на основе соединения эффектов: внутри мяча на эластичных подвесах (или иным способом) закрепляется небольшой груз, который во время полета мяча меняет свое положение внутри мяча и смещает его центр тяжести. Мяч будет летать по причудливым траекториям с неожиданными случайными отклонениями от общего направления движения. Такой мяч можно использовать для развлекательных игр или для тренировки скорости реакции спортсменов. А при «закручивающем ударе» по такому мячу к эффекту случайного смещения центра тяжести, являющемуся одновременно и центром вращения, добавится действие эффекта Магнуса, и можно будет наблюдать еще более неожиданные перемещения мяча.

Пример 91. Мощная звуковая колонка... на ладони. Самая громоздкая часть любой аудиоаппаратуры — звуковые колонки, особенно низкочастотные. Причем, чем качественнее аппаратура, тем большие размеры имеют низкочастотные колонки. Это связано с тем, что для воспроизведения низких частот нужен излучательный элемент (динамик) большого диаметра. В примере 86 мы уже видели необычное применение физического эффекта фильтрации ко-

лебаний. Развивая здесь направление, связанное с созданием колебаний, обратимся к эффекту амплитудной модуляции. В принципе этот подход соответствует в каталоге Физические эффекты пункту 16 Передача энергии: механической, тепловой и др. В соответствии с Законом роста идеальности (см. раздел 15.1 ТРИЗ-Законы развития систем) идеальный конечный результат в данном случае был бы такой: качественный низкочастотный звук есть, а колонки для его излучения нет.

Казалось бы, разрешить столь невероятное противоречие невозможно. Однако на американской фирме АТС думали иначе и предложили следующую идею: модулировать низкочастотными звуковыми колебаниями (речь, музыка) в диапазоне 20—20 000 герц высокочастотные колебания в диапазоне 200 020—220 000 герц и генерировать такие высокочастотные, не слышимые человеком, колебания с помощью маленьких пьезоэлектрических излучателей ультразвука (рис. 13.2).

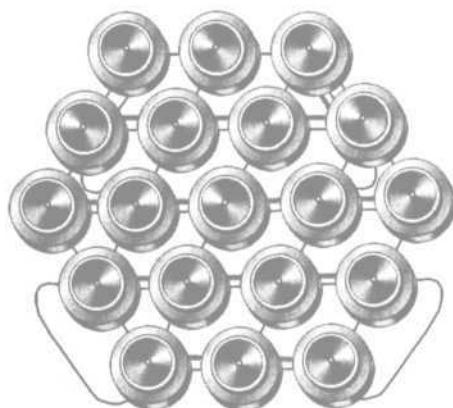


Рис. 13.2. Новая звуковая колонка

При этом с помощью других таких же излучателей, строго синхронно, но в противофазе излучающих основную несущую ультразвуковую частоту в 200 000 герц, «вычитают» из первого высокочастотного колебания основную составляющую в 200 000 герц.

И снова мы видим совместную работу системы (ультразвук с определенной частотой) с антисистемой (ультразвук с той же частотой колебаний, но излучаемый в противофазе), что приводит к «совмещению несовместимого» в одном техническом решении и безусловному преодолению противоречия!

Пример 92. Идеальная салфетка для очистки поверхностей от грязи. Сухая, а чаще смоченная водой, салфетка из обычной ткани при чистке керамической плитки, полированной мебели или поверхностей автомобиля не дает качественного результата. Тогда прибегают к применению химических средств. В соответствии с каталогом Химические эффекты (Приложение 9) это соответствует пункту 6 Управление перемещением объектов, пункту 20 Контроль состояния и свойств поверхностей и пункту 21 Изменение поверхностных свойств, а именно, рекомендациям Использование гидрофильных и гидрофобных веществ

и Применение поверхностно-активных веществ. Однако, применение химических моющих средств экологически не безупречно, а иногда может приводить к изменению цвета окрашенной поверхности, или могут появиться другие дефекты. Сами салфетки быстро загрязняются и также попадают в мусор, увеличивая количество бытовых или промышленных отходов. Идеальный требуемый результат: салфетка полностью снимает (собирает, поглощает, впитывает и т. д.) грязь с очищаемой поверхности и легко отдаст грязь, например, может очищаться водой (без применения химических средств). По сути дела мы имеем пока не идеальный результат, а противоречие на функциональном уровне.

Вернемся к самому началу. Вода на салфетке играет роль «микроадсорбента», механически притягивающего и удержи мающего частички грязи, а ткань салфетки играет роль «макроадсорбента» и даже абсорбента (объяснение терминов нужно посмотреть в справочнике!), удерживающего воду в своих порах между нитями вместе с грязью. Проблема заключается в том, что грязь вместе с водой проникает в микропоры нитей, и уже не может быть удалена оттуда механически, простым смыванием при полоскании.

Теперь исходное противоречие попробуем представить на «микроуровне», например, в таком виде: нити (салфетки) должны собирать воду вместе с грязью и не должны задерживать грязь. Однако эта модель просто неверна! По ТРИЗ нужно точно определять инструменты. Поэтому, внимательное рассмотрение (если нужно, то с применением «мысленного увеличителя» в виде модели Размер—Время—Стоимость — см. раздел 18.2) даст следующую формулировку точного физического противоречия: поры между нитями хорошо задерживают воду вместе с грязью, а нити не задерживают грязь. Здесь четко видно, что противоречие как бы само собой разрешено в пространстве, так как «несовместимые» требования относятся к разным объектам! А это означает, что из всех проблемных требований осталось одно — нити не должны задерживать грязь. Теперь требуемое свойство можно определить как отсутствие развитой пористой поверхности нити, или иными словами, как высокую гидрофобность нити в соответствии с химическим (точнее, физико-химическим) эффектом, указанным выше. Такому свойству в высокой степени удовлетворяет нить из стопроцентной целлюлозы. Таково контрольное решение, разработанное и примененное фирмой H2O-Aktiv Vertreibgesellschaft Reinigungsprodukte mbH, Германия.

Наконец, следует обратить внимание также на эффективное участие структурного ресурса в разрешении присутствующих здесь системных физических противоречий: высокую степень гидрофильтрации салфетки создает плотное переплетение тончайших нитей целлюлозы, что служит как бы активатором воды, снижая ее поверхностное натяжение для впитывания частиц грязи. То есть каждая нить салфетки (часть системы) гидрофобна, а салфетка в целом (вся система) — гидрофильтрна! При прополаскивании салфетки она легко отдает вместе с промывающей водой частицы грязи и становится пригодной к повторному многократному использованию. Благодаря высокой гидрофильтрации салфетка удаляет (по сути дела водой!) даже такие загрязнения, как пятна машинного масла или свежей масляной краски!

Пример 93. Сказочная реальность. Кто не читал в детстве сказку о волшебном горшке, из которого безостановочно выползала каша? И нужно было знать одно волшебное слово, чтобы каша начала расти, но знать и другое слово, может быть еще более важное, чтобы каша остановилась. Иначе она могла бы заполнить весь мир. По сказке.

Сегодня такие ужасные картины не исключаются из опасений, высказываемых оппонентами генных и нанотехнологий. Только вместо каши смертельным оружием против человечества могут стать вирусы, бактерии и какие-нибудь видимые или невидимые искусственные существа, может быть даже «мыслящие».

Но здесь мы рассмотрим более простые и безопасные примеры.

Как сделать, чтобы кроссовки (или другая обувь) точно облегали ногу? Все же ноги у всех разные, а обувь выпускается с небольшим разнообразием по длине и полноте. Нужен какой-то способ, по которому купленные кроссовки сами станут точной копией, или формой, для Вашей ноги! Обратимся к каталогу Химические эффекты (Приложение 9) и изучим пункты 22 Контроль состояния и свойств в объеме и 23 Изменение объемных свойств объекта. Гели! Вот что нужно искать. И действительно, работая со справочной литературой, Вы достаточно быстро обнаружите, что эти синтетические желеобразные вещества способны мгновенно или постепенно уменьшать или увеличивать свой объем до тысячи раз и более! Причем для запуска процесса изменения достаточно малейшей добавки вещества-активизатора, изменения температуры или других факторов. Целый класс таких веществ, созданных в Японии, был даже назван «умные гели». Первое изделие, в котором они были применены, оказалось именно кроссовками, которые при нагреве от ноги расширяются и плотно, но в то же время мягко, охватывают ногу. Так на уровне вещества и с применением химического эффекта разрешено «неразрешимое» физическое противоречие: кроссовки должны выпускаться без учета индивидуальных особенностей ног потребителя, и кроссовки должны абсолютно точно подходить каждому конкретному потребителю.

А вот другое решение аналогичной проблемы: создание «умной упаковки», которая сама прочно и одновременно бережно прижмет в посыпочной коробке любые посылаемые изделия, любой сложной формы и из самого хрупкого материала, например, из тонкого стекла. К рассмотренным химическим эффектам можно добавить Использование эластичных и пластичных веществ из пункта 19 Изменение размеров и формы объекта этого же каталога. Фирма Sealed Air Corporation (USA) разработала высокоЗластичные полиэтиленовые мешки любых требуемых размеров, в которых при механическом или температурном стартовом воздействии запускается процесс образования полимерной пены, равномерно распределяющейся по всему объему (рис. 13.3). Рост уплотняющей упаковки останавливается самой посыляемой коробкой! Так что некоторые сказочные «изобретения» вполне могут рассматриваться сегодня как прототипы для совершенно реальных вещей!

Цель этого примера не только в том, чтобы продемонстрировать действие того или иного химического эффекта, но и в том, чтобы показать их результа-



Рис. 13.3. «Умная упаковка» из «саморастущей» полимерной пены

ты — новые технологии и объекты, которые можно применять, даже не зная, каким способом они получены.

Однако найти такие объекты можно, обращаясь к известным универсальным энциклопедиям или специализированным техническим справочникам для поиска примеров реализации того или иного эффекта, или для поиска примеров получения в технике требуемых свойств так, как мы это делали, обращаясь к очень ограниченному числу «входов» в рассмотренные каталоги.

Что еще важно отметить для последнего примера, это эффективное применение пены, а по сути, пустоты в каком-то веществе, например, в уплотняющей упаковке. Действительно, здесь пустота выступает как идеальное вещество, которого нет, и которое есть, так как оно заполняет почти весь объем упаковочного материала, выдавливая полиэтиленовую пленку во всех направлениях, где нет препятствий!

Пример 94. Неподвижный флюгер! В любом справочнике мы прочитаем примерно следующее: флюгер — метеорологический прибор для определения направления и скорости ветра (рис. 13.4), имеющий две подвижные части —

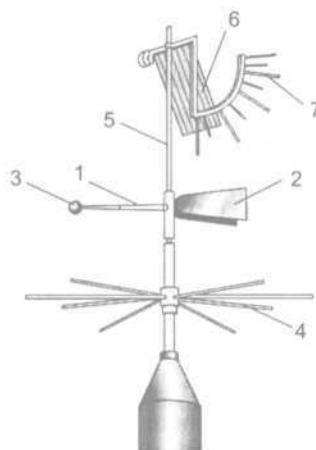


Рис. 13.4. Обычный подвижный флюгер

флюгарку 1, устанавливающуюся по направлению ветра благодаря наличию хвостовой лопасти 2, на которую воздействует ветер, и металлическую пластину 6, отклоняющуюся при большей силе ветра на больший угол.

При своем вращении вместе со штоком 5 флюгарка устанавливает металлическую пластину навстречу ветру. Противовес 3, уравновешивающий вес лопасти флюгарки, указывает направление ветра относительно неподвижных штырей 4, ориентированных на стороны света, а угол отклонения металлической пластины относительно неподвижной дуги 7 с угловыми измерительными отметками указывает силу ветра.

Этот старинный прибор не отличается большой точностью, так как флюгарка не поворачивается при малом ветре, а пластина не поднимается при малом ветре и неустойчиво ведет себя при большом ветре.

Можно сформулировать два одинаковых физических противоречия:

- 1) флюгарка должна быть большой и легкой, чтобы работать при малом ветре, и должна быть небольшой и тяжелой, чтобы устойчиво работать и не ломаться при большом ветре;
- 2) пластина должна быть большой и легкой, чтобы работал, при малом ветре, и должна быть небольшой и тяжелой, чтобы устойчиво работала, и не ломаться при большом ветре.

В идеале по ТРИЗ характеристику «малый», применительно к свойствам размер, вес или к каким-то негативным факторам, нужно стремиться представить как «нулевой вес» или «нулевой размер» и т. п. Но нулевая флюгарка и нулевая пластина вовсе не могут перемещаться! А это противоречит их принципу действия. Сделаем поправку: прежнему принципу действия, которому были присущи неразрешимые противоречия! А что, если попытаться создать флюгер с нулевыми размерами и весом флюгарки и пластины?! Это звучит как полный парадокс — «неподвижный флюгер».

Практически же это означает, что нужен новый принцип действия устройства с прежними функциями, но с лучшими показателями качества функционирования. Оставим за ним традиционное название — флюгер, может быть, с добавкой дополнительного определения по новому принципу действия.

Новый принцип действия должен основываться на общем принципе всех измерительных приборов — выявлении и оценке абсолютного различия между какой-то неизменной эталонной величиной (направления сторон света) и измеряемой переменной величиной (положение флюгарки, а точнее, угол отклонения флюгарки от базового направления, например, на Север и по движению часовой стрелки) либо различия между изменениями двух сопоставляемых величин, одна из которых изменяется быстрее, чем другая (разностные измерения).

Принимая последний подход, можно предположить, что набор потенциально подходящих эффектов может оказаться весьма большим. Попробуйте самостоятельно создать неподвижные флюгеры на иных принципах по сравнению с тем, который будет рассмотрен в качестве контрольного решения. А само

контрольное решение покажет общий способ преодоления стереотипов нашего мышления, что и будет главным полезным результатом этого примера.

Рассматривая каталоги технических эффектов, мы могли прийти к выводу, что скорость ветра можно измерить, например, по степени охлаждения какого-то нагреветого тела, находящегося на ветру (пункт 1 Измерение температуры каталога Физические эффекты и группа эффектов под общим названием Термоэлектрические явления). Но как измерить таким способом направление ветра? Может быть, прикрыть одну часть нагреветого тела от ветра, а другую оставить на ветру, и поворачивая это тело, найти положение, при котором оно охлаждается быстрее всего — это и будет означать, что найдено направление, откуда дует ветер. Возможно, но сложно и, по-видимому, медленно. Нужно уйти от механических перемещений.

Контрольное решение: сотрудниками DIMEs Delft Institute of Microelectronics and Submicron-technology при Delft University of Technology (Голландия) разработан флюгер (рис. 13.5), представляющий собой кремниевую микросхему примерно $5 \times 5 \text{ мм}^2$, с каждой стороны которой размещена миниатюрная термопара.

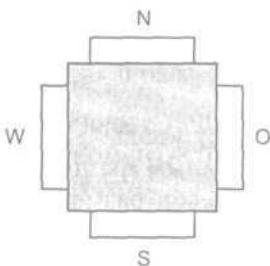


Рис. 13.5. Неподвижный флюгер

Снизу микросхема равномерно подогревается. С той стороны, откуда дует ветер, микросхема несколько охлаждается, что сразу же замечает высокочувствительная термопара. Если ветер имеет промежуточное положение, по-разному срабатывают две термопары, фиксируя разное охлаждение сторон микросхемы, на которых они закреплены.

Чем больше скорость ветра, тем больше охлаждение. Направление ветра вычисляет сама микросхема по разности токов, вырабатываемых термопарами.

Этот пример демонстрирует также великолепное решение по свертыванию системы — исключению лишних, неэффективно работающих или ненадежных элементов (см. раздел 15.2.4 Мета-модель «Волна эволюции»). Новый принцип позволил создать компактную систему без подвижных частей, работающую точно в более широком диапазоне — при силе ветра от К) сантиметров до 60 метров в секунду.

Пример 95. Perpetuum Mobile для человечества?! Еще более впечатляющий пример свертывания появляется перед нами при рассмотрении идей создания двигателя на водородном топливе. Инерция мышления тут же рисует нам работу нового двигателя внутреннего сгорания, в котором в качестве топлива

вместо бензина сгорает водород, соединяясь с кислородом с образованием воды как отхода. Мы воображаем, что такой двигатель абсолютно идеален экологически, и одно это уже выглядит совершенно замечательно! Однако на этот раз в реальности дело обстоит еще лучше — и намного!

Дело в том, что в новых водородных двигателях фирмы DaimlerChrysler, Deutschland ничего не сгорает, так как они... вовсе не являются двигателями внутреннего сгорания! И это изобретение несет в себе новую техническую революцию, значение которой может оказаться и не оцененным в полной мере, и вновь из-за инерции мышления. Да, автомобиль будущего будет безупречен экологически, будет иметь высокий коэффициент полезного действия и высокую надежность двигательной установки на основе электромотора. Но! Но направляться он будет внешне так же, как и раньше — на автозаправочных станциях, из шланга. И именно сохранение всех привычных действий по обслуживанию и управлению автомобилем не позволит заметить пришедшей революции! Ну что ж, пусть так и будет! Это будет реальный пример того, что действительно в цивилизации могут незаметно происходить грандиозные по масштабам революционные изменения! Остается только надеяться, что все они будут такими же позитивными, как приход новых автомобилей, которые, возможно, получат общее название NECAR (от New Electric Car) — так называется сегодня одна из испытательных серий такого автомобиля концерна DaimlerChrysler.

Этот пример я привожу не как пример реинвентинга, а как пример выдающейся реализации комплекса физико-химических эффектов, лежащих в основе принципа действия прежде всего нового источника электроэнергии, а затем уже и новой двигательной и энергетической системы автомобиля. Хотя применение новой идеи этим далеко не ограничивается. А выводы для пополнения своих изобретательских знаний, не меньшие по значению, чем при реинвентинге, я надеюсь, Вы успешно сделаете сами.

На рис. 13.6 показаны сразу два варианта одной ячейки нового источника электроэнергии некара: I — на основе заранее заготовленного водорода и II — на основе водорода, получаемого непосредственно на борту автомобиля.

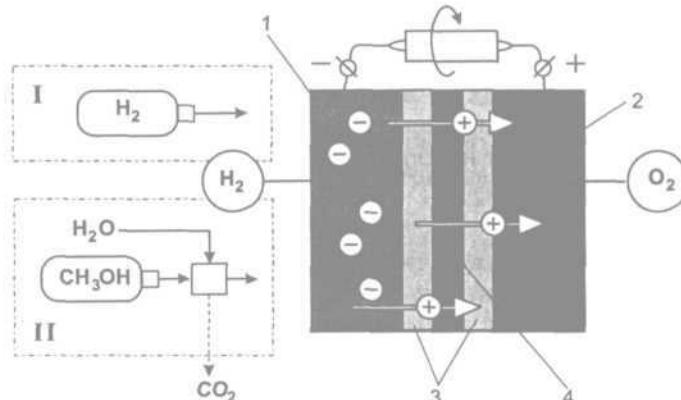


Рис. 13.6. Водородные бортовые электростанции:
I — на «чистом» водороде; II — на водороде, получаемом из метанола

По схеме 1 водород пропускается через пористый анод 1, и его протоны в присутствии катализаторов 3 проникают через мембрану 4 (PEM — Proton Exchange Membrane) в катод 2, при этом на аноде 1 образуется отрицательный электрический заряд, а на катоде 2 — положительный. При соединении в пористом катоде 2 водорода с кислородом действительно образуется вода, как отход. Первичные энергетические ячейки соединяются последовательно в большие батареи, к полюсам которой может быть подключена нагрузка, например, электродвигатель постоянного тока и система электропитания автомобиля.

Схема II, разрабатываемая фирмой XCELLSIS, дочерней фирмой концерна DaimlerChrysler, отличается от схемы I только тем, что водород образуется прямо на борту автомобиля из смеси метанола с водой. При этой реакции, сопровождающейся выделением тепла, образуется также углекислый газ, однако в три раза меньше (!), чем в современных самых «чистых» двигателях внутреннего сгорания. По этой причине создатели некара назвали его «нуль-эмиссионным» автомобилем. Для заправки «некара» метанолом могут быть переоборудованы обычные бензиновые заправочные станции. Но и первая схема представляет интерес для крупных автотранспортных предприятий, которые могут иметь централизованные хранилища емкостей с водородом и обеспечить безопасную смену этих емкостей для грузовых автомобилей или автобусов.

Создание некара означает окончание почти полуторавековой эры автомобиля на основе двигателя внутреннего сгорания — одного из выдающихся изобретений цивилизации и одновременно одного из главных загрязнителей атмосферы (см. пример 112 и весь раздел 15.3 Интеграция альтернативных систем). Но это может означать и нечто большее, так как по мнению специалистов новые энергетические источники смогут конкурировать с солнечными, ветровыми или водными источниками электроэнергии! Они предполагают также, что источники с новым принципом действия могут стать настолько эффективными и разнообразными, что найдут применение от мопедов и газонокосилок до лэптопов и хэнди.

В заключение этого примера и раздела в целом следует отметить еще раз, что наиболее радикальные изменения несут, конечно, изобретения, основанные на новых принципах действия технических систем. А в основе таких изобретений лежат новые знания и открытия, полученные в результате научных исследований. Эти знания и есть интеллектуальная база для пополнения банка технических эффектов, база для изобретения технических систем на новых принципах функционирования.

Практикум к разделам 10–13

19. Рекламный плакат (1). Рекламные плакаты, в том числе, огромных размеров, можно видеть сейчас везде — на боках автобусов и трамваев, на стенах домов и в холлах зданий. Плакат имеет на обратной стороне клеевой слой, и поэтому его наклейка требует тщательной примерки, так как после предварительного приклеивания хотя бы небольшого куска плаката исправить его ориентацию очень сложно, можно повредить материал плаката. Противоречие: плакат должен легко переметаться при наклейке и должен надежно фиксироваться при правильном размещении. Что можно предложить?
20. Рекламный плакат (2). Как сделать плакат, которым можно полностью за克莱ить всю внешнюю поверхность и все окна автобуса? Ведь должны же пассажиры что-то видеть из автобуса!?
21. Любая сковородка — тефлоновая! Как сделать любую сковородку или, например, гусятницу, уже имеющиеся у Вас дома, непригорающими?
22. Дверной звонок. Как сделать, чтобы в любом месте Вашей квартиры или большого дома Вы могли услышать звонок в дверь?
23. Износ шин. Каким образом шина может сама сообщи п. о степени своего износа?
24. Нейтрализация выхлопных газов холодного двигателя. Особенно вредные выхлопные газы холодного, только что запущенного, двигателя. Каким образом можно устраниТЬ уровень загрязнения атмосферы самыми опасными первыми выхлопами?
25. Греющая одежда. Обычная одежда не греет. Она является пассивной системой, сохраняющей тепло, исходящее от тела. Предложите возможные принципы действия активной обогревающей одежды.
26. Микропинцет. Каким пинцетом можно плотно, но безвредно, работать на сосудах головного мозга, если размер закрытого рабочего острия пинцета чуть более 0,5 мм?
27. Как живут орлы и грифы? Каким образом можно обеспечить многомесячное непрерывное наблюдение за гнездом, ведь ни один наблюдатель не просидит, скажем, на соседней скале все это время?
28. Белый светодиод. Известно, что полупроводниковые светодиоды излучают свет в синем, красном и зеленом диапазоне. Каким образом можно от миниатюрного светодиода получить, например, белый свет?

29. Зеркало для телескопа. Как изготовить зеркало идеальной вогнутой парabolicкой формы из расплавленной стеклокерамики для телескопа диаметром 8 метров?

30. Заморозка ягод и фруктов. В известных установках быстрого замораживания свежих ягод и фруктов на подающем конвейере идет предварительная заморозка, чтобы продукты не смерзались вместе при последующей глубокой заморозке. Для окончательной заморозки продукты отделяются от конвейера, но при этом могут повреждаться. Каким образом можно улучшить весь процесс заморозки и исключить повреждение продуктов?

31. Непадающая зубная щетка. Зубную щетку, чтобы она высыхала, а также и не падала иногда с полочки в ванной, ставят в стакан или подвешивают, пропуская ручку в отверстие полочки. Вопрос: можно ли, опираясь на школьные знания по физике, сделать щетку с новым принципом функционирования, такую, чтобы, например, она сама стояла на полочке?

32. Тренировка скалолазов. Каким образом можно обеспечить тренировки спортсменов в обычном спортивном зале так, чтобы условия тренировки были максимально похожи на реальные и не было привыкания к одним и тем же «скальным поверхностям»?

33. Супермаховик. Супермаховик представляет собой диск, полученный навивкой обода 1 из высокопрочной ленты (проволоки, волокон) на несущий центр 2, также имеющий форму диска и отливаемый, например, из дюралиюминия. Такие маховики могут служить, например, источниками энергии на несколько часов движения автомобиля, для создания роботехнических подвижных систем с механическими

принципами работы во взрывоопасных средах, не допускающих появления электрических искр.

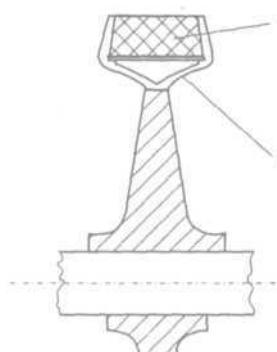


Рис. 13.7. Устройство супермаховика

Проблема состоит в том, что ни один центр не выдерживает деформации расширения, когда при гигантских ускорениях в сотни тысяч g (g — ускорение свободного падения) охватывающий обод перестает сдавливать центр. Место начала разрушения диска приходится на держатель обода.

Известно также, что компенсаторы зазора между ободом и диском также не выдерживают и ломаются, после чего ломается и центр.

Нет ли у Вас подходящей идеи для создания надежного центра и всего супермаховика?

34. Испытания провода. Каким образом можно провести испытания контактного провода и токосъемного устройства для высокоскоростных поездов, если через провод должен проходить ток до 1000 ампер, а скорость поезда может достигать 500 км/час? По техническим условиям провод должен выдерживать не менее 2 миллионов проходов по нему токосъемника!

Стратегия изобретения

Проектирование технических систем, сто лет назад бывшее искусством, стало точной наукой и превращается в науку о развитии систем.

Появление ТРИЗ, ее быстрое развитие — не случайность, а необходимость, продиктованная современной научно-технической революцией.

Работа «по ТРИЗ» неизбежно вытеснит работу «наугад».

Но человеческий ум не останется без дела: люди будут думать над еще более сложными задачами.

Генрих Альтшулер

14. Управление развитием систем

14.1. Развитие систем

ТРИЗ не предсказывает будущее, но с помощью ТРИЗ Вы сможете прогнозировать развитие любой технической системы.

Основу для прогнозирования дают наиболее общие закономерности (мета-модели) развития систем, выявленные при исследовании сотен тысяч изобретений, многие из которых были направлены на усовершенствование одного и того же типа систем на протяжении нескольких десятков лет.

Мета-модели развития включают так называемые «ТРИЗ-Законы», «Линии системного развития», «Законы развертывания и свертывания систем», модели «Полиэкран» и «Системные переходы», метод «Интеграции альтернативных систем» и другие модели.

Техника и наука стремительно усложняются. Стремительно происходит дальнейшая специализация и дифференциация знаний. Негативной стороной этих процессов является опасность искажения и подмены позитивных глобальных целей развития систем, разрушение самих критериев оценки прогрессивности или регressiveности создаваемых систем в угоду эгоистическим и корыстным интересам тех или иных производителей продукции или политическим амбициям.

Нужно и можно противостоять этим опасным тенденциям. Этому в немалой степени должно способствовать понимание инженерами и учеными стратегических закономерностей развития систем, использование этих закономерностей для целенаправленной разработки систем, отвечающих критериям глобальной полезности.

Прохождение жизненного цикла каждой технической системы (ТС) от изобретения до прекращения выпуска и утилизации определяется сложным взаимодействием большого числа факторов. Наиболее крупные группы (66) «влияния» представлены на рис. 14.1.

Системы обслуживания обеспечивают защиту действующих образцов ТС от разрушающего влияния окружающей среды. При этом следует отметить, что все ТС непрерывно «стареют» под воздействием среды.

⁶⁶ Идея этой схемы была предложена моим учителем, известным военным системотехником профессором Александром Широковым еще в начале 1960-х годов.

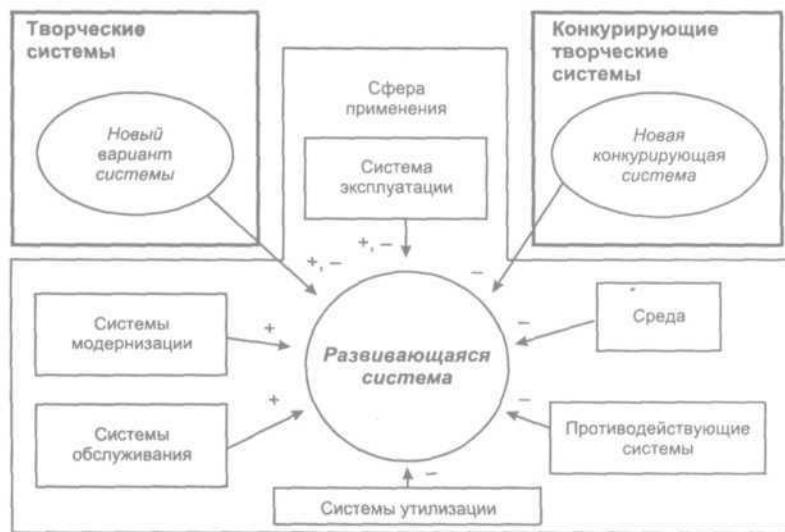


Рис. 14.1. Взаимодействие развивающейся системы с окружением на интервале своего жизненного цикла

Системы модернизации обеспечивают модификацию ТС применительно к новым условиям эксплуатации. При этом противодействующие системы (например, деталь для обрабатывающего инструмента) неуклонно увеличивают износ ТС, сокращают продолжительность жизни конкретного образца ТС или разрушают его.

Системы эксплуатации (например, автводитель) могут использовать ТС бережно, т. е. со знаком (+) около соответствующей связи-стрелки, а могут — на экстремальных режимах, т. е. со знаком (—). В конце концов каждый конкретный экземпляр ТС подвергается воздействию системы утилизации, при этом последняя оказывает на ТС сугубо негативное, разрушительное физическое воздействие, т. е. со знаком (—).

Творческие системы, включающие обширный круг изобретателей, конструкторов, изготовителей, продавцов (!) и т. д., в соответствии с «Законом роста идеальности» (см. след. раздел) обеспечивают непрерывное усовершенствование ТС. При этом для действующих образцов ТС одинаково гибельно замещение их как продукцией конкурентов, так и новыми образцами одного изготовителя.

Эволюция искусственных систем содержит исключительно драматическое противоречие. С точки зрения получения максимальной интегральной эффективности от действующего образца ТС следовало бы стремиться к его максимальной долговечности. Однако, намного раньше изготовитель вынужден создавать новые образцы как по результатам эксплуатации, так и с учетом возможного появления конкурирующей продукции. Изготовителю и его «сфере влияния» нужна неизуздная изобретательность для управления развитием производимого вида ТС, то есть, для рациональной модернизации, смены типов и поколений.

Здесь следует ответить отрицательно на вопрос о том, можно ли, последовательно применяя изобретательские технологии к каждому очередному решению, изобрести либо некий самый лучший продукт, либо ряд будущих безусловных лидеров на рынке, например, на десятилетия вперед? Дело в том, что только испытание практикой по циклу, приведенному на рис. 14.2, дает реальные критерии для управления развитием систем.



Рис. 14.2. Взаимодействие развивающейся системы с окружением

Реальные оценки необходимы для построения и корректировки эффективных сценариев развития. И чем раньше, тем лучше. А для этого приходится рисковать и выпускать новые образцы. И осуществлять параллельно непрерывный поиск новых идей. При этом можно и нужно применять методику изобретательского творчества для непрерывного прогнозирования на достаточно большие интервалы времени вперед. Ключевые аспекты и альтернативы развития систем показаны на рис. 14.3.

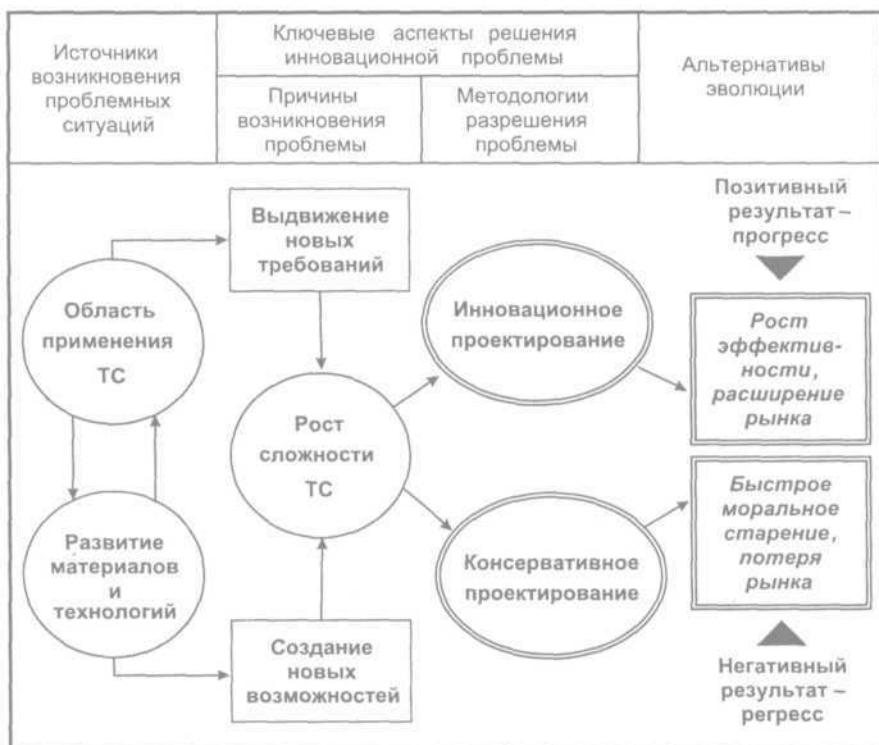


Рис. 14.3. Ключевые аспекты и альтернативы развития систем

Одним из практических результатов системного анализа должно быть решение о выборе стратегического направления предстоящих изменений в существующей системе или в создании новой системы. В классической ТРИЗ для этого были сформулированы концепции «Минимальной задачи» и «Максимальной задачи». Важнейшей является первая концепция, задающая стратегию достижения наилучшего результата с «нулевыми» затратами. Эта постановка расходится с известными принципами математической оптимизации, которая в самом экстремальном случае предусматривает готовность к минимальным затратам при достижении максимального эффекта (минимаксные модели). Полому концепция «Минимальной задачи» имеет психологическое значение, так как создает полезную установку на получение «идеального результата» и тем самым обеспечивает мобилизацию творческих ресурсов для достижения наилучших реальных результатов.

Следует также отметить, что задачи могут быть как сложными, так и простыми при любой стратегии (рис. 14.4).

Мета-стратегия		Сложность проблемы
Минимальная задача	Максимальная задача	
Решающий ресурс известен (ТРИЗ-инструменты)	Решающий принцип известен (ТРИЗ-инструменты)	Низкая
Есть некоторый выбор ресурсов (ТРИЗ-инструменты)	Есть некоторый выбор принципов (ТРИЗ-инструменты и Метод интеграции альтернативных систем)	Средняя
Требуемые ресурсы отсутствуют (переформулирование или замена задачи)	Принцип решения неизвестен (переход на синтез системы)	Высокая

Рис. 14.4. Мета-стратегии разрешения проблемной ситуации

В соответствии с этой таблицей все задачи можно разбить на 3 категории:

«Исправительные задачи» — на устранение негативной функции, разумеется, без снижения качества реализации главной позитивной функции;

«Альтернативные задачи» — на поиск другого способа (принципа) выполнения позитивной функции с попутным устранением имеющейся негативной функции или для более высокого уровня реализации полезной функции;

«Отказные задачи» — на поиск способа отказаться от выполнения полезного действия.

А теперь я приведу завершение истории, о которой начал рассказывать в разделе 7.1. На следующий день мой стенд посетили два инженера, направленные моим вчерашним собеседником и оппонентом, шефом отделения R&D машиностроительного предприятия. Через 30 минут демонстрации «Invention Machine» их восторг подавляло лишь собственное упоминание о том, что на их фирме не удастся убедить руководство приобрести этот софтвер! Конечно, я уже имел определенный опыт оценки размера фирм по размерам их стендов на выставках, но здесь я ошибся. Да, стенд этой фирмы впечатлял, но то, что

я случайно узнал в беседе с инженерами, поразило еще больше. Оказалось, что только на перспективных разработках в отделении R&D занято почти 100 специалистов! Я еще раз передал свою визитку с посетившими меня инженерами. Вскоре поступило приглашение, и при второй встрече состоялся примерно следующий диалог:

- Почему Вы не можете продавать успешнее других?
- На рынке много производителей аналогичной продукции.
- У вашей продукции есть преимущества?
- Да, но не большие. Отрасль консервативна, с историей и традициями, трудно что-то необычное предложить.
- Но можете ли Вы предложить свои изделия по более низкой цене?
- Нет. Очень высокая себестоимость. Много металла. Высокая трудоемкость.
- Но что, в таком случае, делают 100 ваших R&D-специалистов?
?!
- Ваши инженеры не виноваты в том, что я смог оценить численность ваших R&D-специалистов. Но их цели мне не понятны. Если имеются спрос и рынок, тем более традиционный и консервативный, то есть только два пути успешно продавать: предложить более высокое качество и новые функции или при том же качестве снизить цену.
- Очень трудно перестроить производство.
- Да, если это не спланировано заранее.
- Все внимательно наблюдают за изменениями у других.
- Снижение себестоимости может быть незаметным для других. Тогда даже при неизменной позиции на рынке Вы можете несколько лет получать прибыль, не видимую для других.
- Все же качество ценится больше.
- Хорошо. Обучайте своих людей. За тот же срок подготовьте такие изменения, которые Вы выведете на рынок первыми. Тот, кто попробует потом Вас догонять, все еще будет в том положении, в котором он и Вы находитесь сейчас.

Через месяц пришел заполненный бланк заказа на софтвер «Invention Machine».

И все же начальная позиция слишком многих руководителей в промышленности остается сходной с той, которую Вы могли видеть у моего собеседника.

И все же это еще не все. По ежегодной традиции я провел два дня в Ганновере на выставке Industriemesse'2001. И снова записал потрясающий текст, отражающий, несомненно, непревзойденный талант самовыражения, сравнимый разве только с американским! В огромном холле железнодорожного портала,

служащего наподобие парадного вестибюля выставки, на огромном плакате можно было прочитать следующее:

Только огонь, к сожалению, изобрели не мы.
(Потому что нас тогда еще не было.)
Мы можем все.
Кроме стандартного немецкого языка.

Я полагаю, что Вы не только по достоинству оценили смелый юмор создателей этого плаката, но и, по-видимому, вспомнили о пионерских технических достижениях этого региона. Предприятие, о котором я рассказал, тоже из земли Баден-Вюртемберг (главный город — Штуттгарт), так что может быть нужно относиться к рассказанной истории с большим юмором и маркетинговым оптимизмом.

14.2. «Идеальная машина»

Искусственные (технические) системы, подсистемы, узлы, детали, элементы, материалы создаются для выполнения полезных (позитивных) функций (PF — positive function). Одна из них может быть названа главной (MPF — main positive function), определяющей назначение всей системы (подсистемы, узла, детали, элемента, материала). Другие PF являются дополнительными и вспомогательными. В системе имеются нежелательные (негативные) функции (NF — negative function) и, соответственно, главная негативная функция (MNF — main negative function), являющаяся основным препятствием на пути развития системы. Негативные функции NF ухудшают степень выполнения системой своих позитивных функций PF или создают другие нежелательные эффекты, например, для окружающих систем.

Один из главных показателей в развитии технических систем — изменение их размеров. Это развитие может идти в обоих направлениях: как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Например, для многих транспортных и обрабатывающих машин характерно увеличение размеров (шагающий экскаватор, танкер-сухогруз или перевозчик нефти, пассажирский или грузовой самолет). Контрольно-измерительные приборы, средства связи, компьютеры, напротив, имеют тенденцию к миниатюризации. Это явление было замечено и проанализировано в ТРИЗ, и привело к весьма конструктивной концепции «идеальной машины».

Концепция «Идеальной Машины» (IM — ideal machine) является в ТРИЗ такой же полезной метафорой, как и понятия «функциональная идеальная модель» и «идеальный конечный результат», и как бы конкретизирует последнее. Эта метафора имеет, однако, весьма фундаментальное обоснование, впервые четко сформулированное и конструктивно примененное именно в ТРИЗ.

В наиболее обостренном и метафорическом виде определение звучит так:

Идеальная машина — это такое решение, когда идеальный результат достигается, а самой машины нет.

Или:

Идеальная машина — это такое решение, когда главная полезная функция достигается с нулевыми затратами.

Имеется в виду следующее: машина должна иметь нулевой вес, нулевые размеры, нулевую стоимость, нулевое потребление энергии, нулевые вредные отходы и т. п.

Конечно, под идеальным конечным результатом в ТРИЗ понимается не какой-то произвольный волшебный результат, а вполне четкое и жесткое требование получить требуемую модель эффективного функционирования без неоправданного использования дополнительных, дорогих или трудно получаемых ресурсов.

Здесь следует отметить, что само понятие эффективности является далеко не тривиальным. Более того, эффективность — это сложная эволюционирующая система понятий. Но независимо от способа оценки эффективности рост «идеальности» ТС осуществляется по следующим стратегическим направлениям:

1. Увеличение количества функций, выполняемых системой.
2. Увеличение качества выполняемых функций, представляемое часто в форме роста главного «параметра», например, скорости, мощности, производительности и т. п.
3. Снижение всех видов затрат на создание, применение и ликвидацию системы по окончании срока службы, то есть на интервале жизненного цикла ТС.
4. Снижение негативного воздействия на окружающие системы и среду.

Теперь рассмотрим принятое в системотехнике и в ТРИЗ формальное выражение для оценки эффективности:

$$E = \frac{\text{Сумма позитивных эффектов}}{\text{Сумма негативных эффектов}}$$

К позитивным эффектам (факторам) относятся любые оценки целевого назначения системы на интервале их жизненного цикла.

К негативным эффектам (факторам) относятся все издержки на получение позитивных эффектов, а также вред, причиняемый окружающей среде или другим системам.

Эффективность Е – универсальная мера оценки результата

Если цель достигается с большими затратами, решение малоэффективно.

Решение, достигающее цели с допустимыми затратами, признается эффективным, или по крайней мере, удовлетворительным.

Если решение при достижении цели дает дополнительные, не предусмотренные заранее, преимущества, оно считается высокоэффективным. Дополнительное преимущество называется в ТРИЗ «сверхэффектом».

Именно такие решения и называются изобретательскими. И именно такие решения будут интересовать нас в первую очередь.

В большинстве случаев эффективность стремится оценивать на основе специально составляемых формальных математических функционалов. Так как идеал для этого выражения достигается, если Е стремится к бесконечности, что математически возможно в случаях, когда либо числитель стремится к «бесконечности», либо знаменатель стремится к нулю — а это в реальности может быть принято только условно! Поэтому мы будем применять приведенное здесь выражение лишь как качественную модель, напоминающую нам о том, что нужно стремиться делать знаменатель как можно меньше, а числитель — как можно больше! И именно качественная интерпретация имеется в виду, когда мы говорим о стремлении систем к идеальности.

Разные линии развития системы данного типа в конечном счете сходятся в одну точку — подобно тому, как сходятся меридианы к полюсу! Полюсом для всех линий развития является «идеальная машина»! К «своим» полюсам сходятся обтекаемые формы современных скоростных автомобилей. Не отличимы с первою взгляда российский «ТУ-144» и европейский «Конкорд», российский многоразовый космический корабль «Буран» и американский «Шаттл». Читателю будет полезно продолжить вспоминать подобные примеры.

Обычно, когда задача решается методом «проб и ошибок», поиски идут либо в направлении вектора психологической инерции либо, в лучшем случае, во все стороны. Между тем, приступая к решению задачи, изобретатель может резко сузить сектор поисков. Искомое решение должно приближать его к ИМ. Это и будет перспективное направление поиска.

Разумеется, в каждом конкретном случае нужно суметь определить ИМ. Так, грузовой автомобиль, перевозящий 3 тонны груза, весит примерно 1,5 т. При мерно 30% мощности двигателя в этом случае тратится, чтобы перемещать саму конструкцию этого грузовика. Грузовик, рассчитанный на 15 т, весит примерно 5 т. Доля полезной нагрузки на единицу мощности двигателя явно стала выше, а это и приближает машину к «идеальной». Карьерный 140-тонный самосвал разгружается за 15 секунд! Это намного меньше времени, необходимого для разгрузки 28 пятитонных машин.

Идеальный вертолет или самолет — это как бы одна летающая кабина. Хотя самолетные двигатели и без того поражают своими относительно малыми раз-

мерами и большой мощностью, позволяющей достигать высоких скоростей полета и большой грузоподъемности самолетов.

14.3. Кривая роста главного параметра системы

Технические системы проходят функциональное развитие и характеризуются большим числом функций. Каждая функция характеризуется показателями, например, скорость, вес, производительность. Два первых показателя являются простыми, а вот производительность является комплексным показателем и может потребовать достаточно сложного определения. Три показателя для ТС являются особыми и основными: эффективность, безопасность и надежность (для военных систем добавляется еще один — живучесть). Эффективность, например, может быть отношением такого параметра как «расход топлива на дистанции в 100 км» к параметру «заданная скорость движения на этой дистанции», т. е. мы получим оценку экономичности автомобиля на единицу заданной скорости.

Один из показателей (параметров) может быть принят в качестве главного (MP — main parameter) — и это не обязательно будет эффективность, например, если речь идет о гоночной машине для установления абсолютного рекорда скорости. Наблюдение за эволюцией систем можно вести по изменению их показателей, т. е. по параметрическому развитию, иногда заменяемому наблюдением только за одним MP. Так, для компьютера — это его скорость вычислений тестовых задач (или рабочая частота при прочих равных условиях — разрядности представления данных, объемах запоминающих устройств, операционной системы и т. п.). Для истребителя — максимальная развиваемая скорость.

Уровень развития ТС часто характеризуют значением MP, график роста которого имеет вид S-кривой (рис. 14.5). Пологий участок 1 означает достижение данным видом ТС пределов своего развития. Кривые 3 характеризуют развитие типов ТС.

Кривые 3 огибают и сглаживают субкривые 2, характеризующие развитие поколений (видов) ТС. С точками (участками) 5 и 4 связывают появление изобретений, создающих (5) или кардинально улучшающих (4) область техники. То есть на S-кривых на рис. 14.5 можно увидеть «расположение» изобретений соответствующих уровней.

Следует отметить, что экономическая эффективность может быть очень велика для изобретений любого уровня. Например, даже небольшие усовершенствования уровня 1 могут быть очень выгодны при массовом производстве. Однако, исключительные преимущества получает владелец изобретений уровней 4 и 5, если сможет реализовать стратегию «новый продукт — первый на рынке».

В качестве примера на рис. 14.6 приведено семейство огибающих S-кривых для роста скоростей транспортных систем.

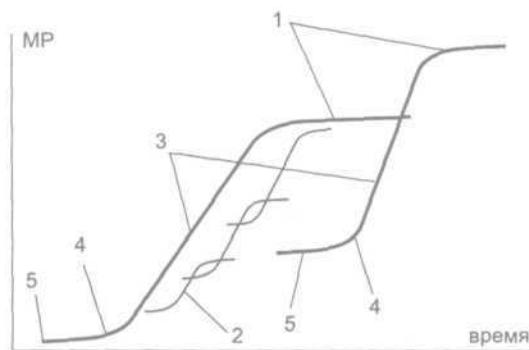


Рис. 14.5. Общий вид S-кривых развития главного показателя ТС

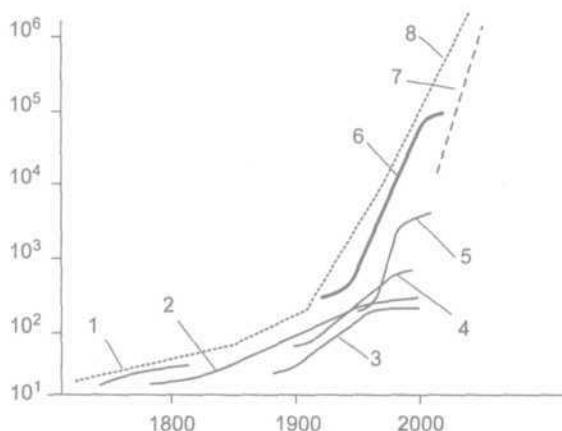


Рис. 14.6. Рост скоростей транспортных систем: 1 — конная тяга; 2 — железная дорога; 3 — автомобиль; 4 — поршневой самолет; 5 — реактивный самолет; 6 — ракеты на химическом топливе; 7 — ракеты на ядерном топливе, испарении твердого тела, на солнечной энергии; 8 — огибающая кривая

Машины рождаются слабыми и крепнут постепенно, вбирая в себя многие изобретения. На рис. 14.7 показана двухсотлетняя история функционального развития гребного винта (Г. Альтшуллер). Изобретательская мысль шла тремя разными путями — в качестве прототипов были взяты крылья ветряной мельницы, водоподъемный винт Архимеда и водяное мельничное колесо. Каждый из прототипов развивался усилиями многих изобретателей в разных странах. Однако, три цепи изобретений постепенно сближались и привели наконец к созданию современных гребных винтов.

За любой совершенной технической системой стоят десятки и тысячи последовательно создаваемых изобретений. Даже по такой «системе» как карандаш выдано более 20 000 патентов и авторских свидетельств!!

Каждое изобретение подталкивает развитие системы. В промежутках между толчками система остается неизменной. Нетрудно заметить, что раньше промежутки были длительными, машины совершенствовались медленно (см. рис. 14.7). Путь от идеи и первых экспериментальных образцов до практически применяемого изделия занимал десятки лет.

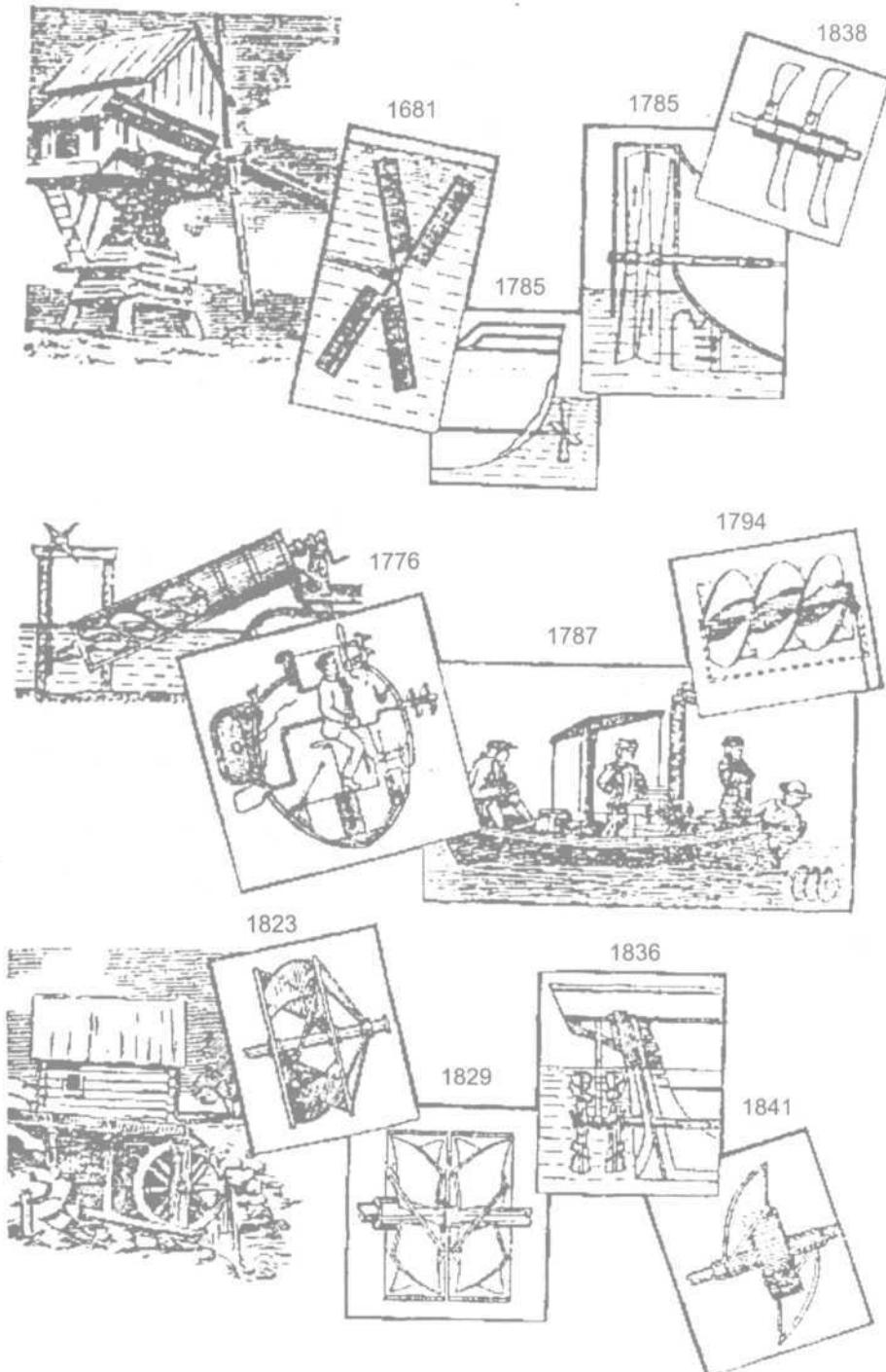


Рис. 14.7. Из истории развития корабельных движителей (начало)

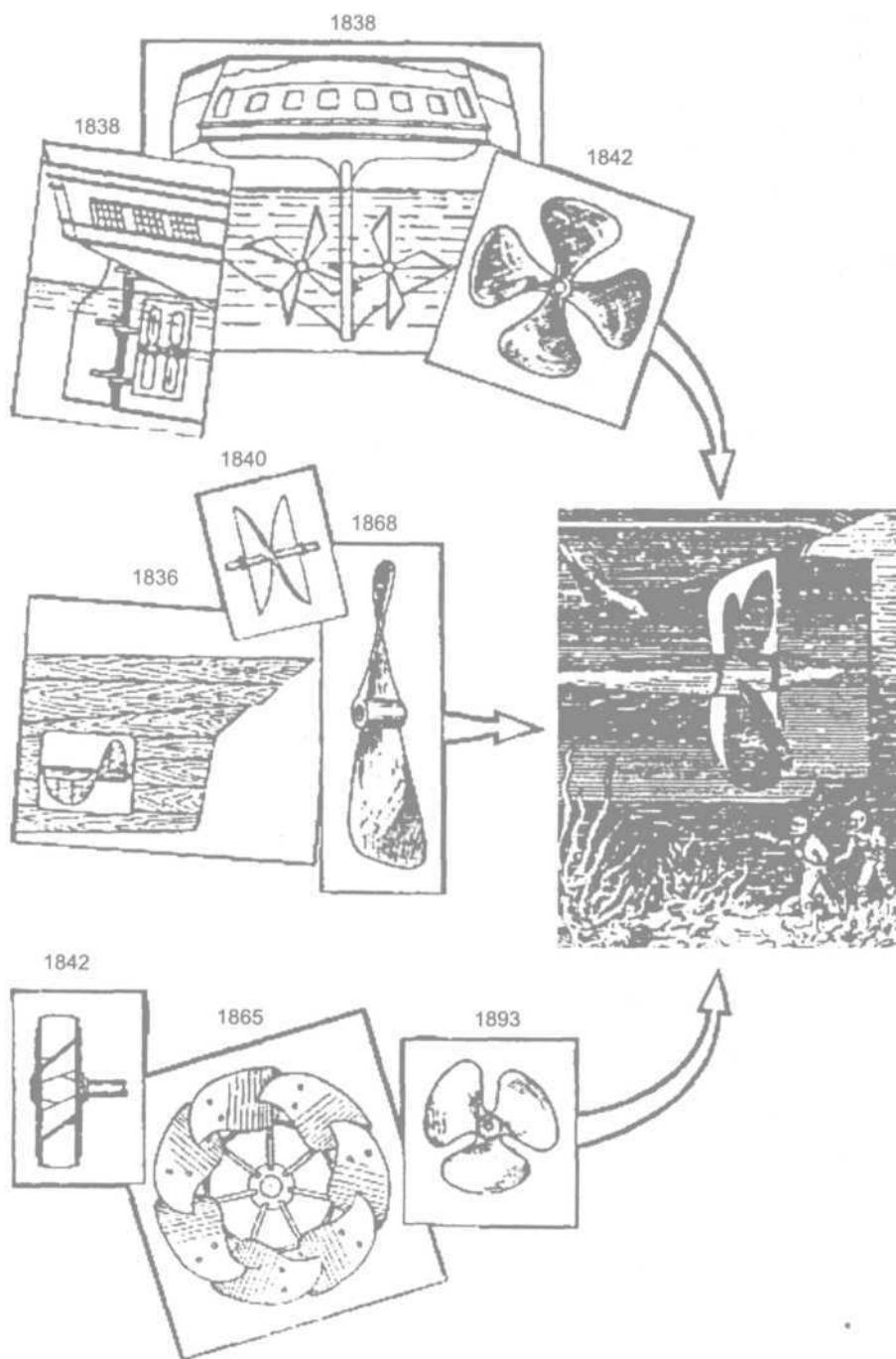


Рис. 14.7. Из истории развития корабельных движителей (окончание)

Еще пример: идея электрической лампы накаливания возникла еще в начале XIX века. Первый опыт освещения раскаленным проводником был поставлен в 1840 году. А первая лампа, пригодная для массового использования, появилась лишь 39 лет спустя!

Пример из середины XX века: идея оптического квантового генератора была высказана в 1952 году⁶⁷, через 2 года уже проводились испытания первого такого прибора, а еще через 6 лет был наложен промышленный выпуск разнообразных лазеров. Причем процесс развития конструкций и применений лазеров продолжается. Размеры лазеров занимают диапазон от долей миллиметра до нескольких метров, а излучаемая мощность экспериментальных лазеров может перекрыть в очень коротком импульсе, например, суммарную мощность всех электростанций США! Лазер записывает и считывает информацию в факсимильном аппарате и на компактных дисках, лечит человека и зондирует атмосферу, измеряет расстояние до Луны и режет металл, «рисует» на кристалле размером в 1–2 см² будущий микропроцессор с несколькими миллионами (!) элементарных переключающихся ячеек и создает грандиозное цветомузыкальное шоу, видимое на много километров, передает в световолокно тысячи наших телефонных разговоров и телевизионные программы, создает «в воздухе» трехмерные «живые» голограммические изображения... Вот за что присуждаются Нобелевские премии!

Впрочем, лазер — это и «лучи смерти» не только в фантастике по Герберту Уэллсу (68) или по Алексею Толстому⁶⁸: реальный лазер может поражать спутники как из космоса, так и с земли, прожигать и взрывать ракеты и самолеты, может убивать людей. Но это уже зависит от людей, а не от технической системы. Так же как и атомную энергию можно использовать как оружие, а можно как источник электроэнергии для человечества. Тому много примеров. Более того, в истории человечества одной из главных движущих сил развития технических систем было и все еще остается их военное применение.

И все же, что происходит с системами, когда они достигают своего наивысшего развития (см. этап 1 на S-кривой на рис. 14.5)? Неизбежность замены системы становится очевидной, но предел развития данной системы воспринимается как предел развития вообще. Кажущаяся невозможность отказаться от привычной системы пугает и гипнотизирует. Смена системы может вызывать мощное сопротивление производителей, которые часто продолжают выпускать системы, например, экологически вредные (сверхкрупные авиаляйнеры, сверхкрупные танкеры) либо вошедшие в противоречие с возможностями других систем (автомобиль или железная дорога). Так, бывший вице-президент «Дженерал Моторс» Джон де Лориан однажды сказал, что если бы небольшая часть тех средств, которые тратятся на совершенствование двигателей внутреннего сгорания, была направлена на развитие аккумуляторов, то

⁶⁷ За создание принципа лазера Лауреатами Нобелевской премии по физике за 1964 год стали Н. Басов и А. Прохоров (СССР), а также Ч. Таунс (США).

⁶⁸ Герберт Уэллс (1866–1948) — известный английский романист и писатель-фантаст.

⁶⁹ А. Толстой (1883–1945) — известный русский советский писатель, создал в т. ч. роман «Петр Первый» и фантастическую повесть «Гиперболоид инженера Гарина».

мы давно имели бы экономичный электромобиль. Причем возможно, что здесь наибольшее сопротивление исходит не от производителей автомобилей и двигателей внутреннего сгорания, а от поставщиков нефтепродуктов. С тех пор прошло 25 лет! Нужно ли это комментировать?

Переход к новой системе далеко не всегда означает полное прекращение применения системы предыдущего поколения. Так, например, существуют парусные суда и современные дизельэлектроходы, реактивные и винтомоторные самолеты, кино и телевидение, морозильные фабрики и домашние холодильники, велосипеды и автомобили, рестораны и домашние кухни, стационарные и переносные радио- и телеприемники и так далее.

В 1930-е годы быстро росло число кинотеатров. Теоретический предел должен был достигаться задолго до того, как на каждого человека придется по одному кинотеатру. И что-то похожее все же произошло: появились телевизоры — кинозал на одного человека!. Казалось, что телевидение стало следующей ступенью после кино, вобрав его в себя в качестве подсистемы. Во многом так оно и произошло, особенно с развитием компьютерного оснащения телевизионных систем. Однако, сегодня мы наблюдаем параллельное существование и кино, и телевидения. Причем, тот же компьютер в кино создал аудио- и видеоэффекты, недостижимые пока для восприятия в пространстве квартиры, для этого нужны большие объемы.

И все же телевидение можно рассматривать как «надсистему», то есть систему вышестоящего уровня для кино. Телевидение — это еще и оперативный выпуск новостей, это конференц-зал, это, наконец, показ событий в реальном времени.

Так же на смену автомобилю, возможно, придет не столько электромобиль, а принципиально иная транспортная надсистема, в которой автомобиль (или эквивалентное ему транспортное средство) станет лишь подсистемой. Этот прогноз принадлежит Генриху Альтшуллеру. Любопытно, что в Беларуси, в городе Гомеле одновременно с этим предположением в 1982 году еще один изобретатель высказал такую же гипотезу, ставшую для него в дальнейшем целью жизни — это был молодой инженер Анатолий Юницкий (см. следующий раздел 15.3 Интеграция альтернативных систем).

Раздел Стратегия и тактика изобретения кратко представляет основные ТРИЗ-принципы и модели для учета объективных закономерностей развития систем. Сами по себе эти модели нейтральны к понятиям прогресса или регресса. Их позитивное или негативное проявление зависит только от моральных ценностей, исповедуемых для себя теми, кто применяет эти законы.

Но позволим себе выразить надежду, что объективно в системе этих моделей все же проявляется нечто глобально позитивное, что и движет прогресс, несмотря на войны и болезни, на стихийные бедствия природного и техногенного характера. Это глобально позитивное можно попытаться выразить, воспользовавшись названием одного из интереснейших рассказов Джека Лондона⁷⁰ — Любовь к жизни (Love of Life, 1905).

⁷⁰ Джек Лондон (1876—1916) — известный американский писатель.

15. Классические ТРИЗ-модели инновационного развития

15.1. ТРИЗ-Законы развития систем

А теперь на основе изложенного можно определить главный ТРИЗ-Закон, представляющий обобщенную цель создания изобретений:

ЗАКОН РОСТА ИДЕАЛЬНОСТИ

Все виды систем на интервале своего жизненного цикла стремятся повышать свою эффективность.

Иными словами, развитие есть эволюция в направлении увеличения эффективности.

Главным в изобретении является то, что техническая система переходит из одного состояния в другое, причем этот переход отражает процесс развития технической системы и осуществляется по объективным законам.

Рассмотрим классические ТРИЗ-Законы, установленные еще к середине 1970-х годов. Эти законы были разделены в ТРИЗ на три группы, условно названные по аналогии с законами механики соответственно «статикой», «кинематикой» и «динамикой» (распределение законов по группам и рис. 15.1 даются в редакции автора — О.М.).

Группу «статики» представляют законы, определяющие начало жизненного цикла технических систем.

1. 1. Закон полноты частей системы.

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Каждая техническая система должна включать четыре основные части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления. К этому можно добавить лишь объединяющую все эти части пятую часть — конструкцию (см. раздел 8.2 Ресурсы и рис. 8.4 Абстрактная машина).



Рис. 15.1. Законы развития систем в классической ТРИЗ

Достаточное условие жизнеспособности технической системы можно представить как развитие этого закона следующим образом (что особенно полезно для начинающих изобретателей): техническая система жизнеспособна лишь в том случае, когда минимально работоспособна каждая из ее частей, но и обеспечивается минимальная работоспособность всех частей как единой системы. Для практики весьма важно одно из следствий из этого закона: чтобы система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна из частей была управляемой.

1.2. Закон «энергетической проводимости» системы.

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Каждая техническая система является преобразователем энергии, передаваемой от двигателя через трансмиссию к рабочему органу.

Одно важное следствие из этого закона: чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органом управления.

Можно говорить также об информационной проводимости, особенно, в задачах на измерение или обнаружение, хотя часто она сводится к энергетической, что может приводить к неправильному пониманию задачи.

К «кинематике» в ТРИЗ относятся законы, определяющие развитие технических систем независимо от конкретных технических и физических факторов, обуславливающих это развитие.

2. 1. Закон неравномерности развития частей системы.

Развитие частей систем идет неравномерно, и чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения острых физико-технических противоречий, и следовательно, изобретательских задач. Например, рост численности автомобилей в центральной Европе вошел в противоречие с ограниченными возможностями строительства новых дорог. При этом имеющиеся дороги постоянно находятся в ремонте. Крупные города катастрофически страдают от трех проблем: загрязнение воздуха, отсутствие мест для парковки и низкая скорость движения, обусловленная постоянными заторами.

2.2. Закон перехода в надсистему.

Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему и развивается далее в качестве одной из частей.

Приведем здесь только один пример: велосипед, оснащенный двигателем внутреннего сгорания, превратился в мопед и в мотоцикл! Но и остался велосипедом — как мы уже отмечали, возможно параллельное существование предшествующих и последующих систем одного назначения.

2.3. Закон перехода с макроуровня на микроуровень.

Развитие рабочих органов технической системы идет сначала на макроуровне, а в развитой системе — на микроуровне.

В большинстве современных механических систем рабочими органами являются макродетали, например, винт самолета или резец токарного станка. Однако, в реактивном самолете рабочим органом является струя газа. Резцом может служить струя плазмы. Вместо макродеталей работа осуществляется на уровне частиц вещества, молекул, ионов, атомов. Перспективным и неисчерпаемым источником энергии остается энергия атомного ядра, извлекаемая либо при его делении, либо при его синтезе.

Переход с развития на макроуровне к развитию на микроуровне есть сущность компьютерной революции!

Законы «динамики» в ТРИЗ недостаточно полны и имеют более специализированный характер. Они определяют развитие современных технических систем как раз в зависимости от конкретных технических и физических факторов.

3.1. Закон согласования ритмики частей системы.

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частот механических или электромагнитных колебаний, периодичности функционирования и взаимодействия) всех частей системы.

3.2. Закон перехода к управляемым ресурсам.

Развитие технических систем идет в направлении применения ресурсов с более высоким уровнем организации, например, более управляемых веществ и полей.

Этот закон хорошо коррелирует с законами энергетической проводимости систем и главным законом о росте идеальности. Так, в линейном шаговом двигателе рабочим органом является электромагнитное поле. Информационные системы от первых телеграфных электромеханических конструкций развились в современные радио- и оптические системы с более высокоорганизованными полями — носителями информационных сигналов. Электронный микроскоп кардинально расширил возможности исследования строения веществ по сравнению с оптическим микроскопом.

Нагревающее устройство на сверхвысокочастотном излучении совершило революцию на кухне современной квартиры!

Выделение изолированных друг от друга законов является, конечно, упрощением. Законы действуют в совокупности, проявляясь в реальном развитии систем.

Знание ТРИЗ-Законов вместе с оценкой параметров 5-кривой для данного типа систем позволяет прогнозировать тенденции развития практически любой технической системы.

15.2. Линии системо-технического развития

ТРИЗ-Законы дополняются и инструментируются так называемыми «Линиями система-технического развития». Это очень крупные мета-модели, схватывающие основные тенденции в развитии технических систем. Их применение для решения Ваших задач требует, как правило, проведения достаточно большого объема предварительных исследований. Это объясняется тем, что практически все Линии развития опираются на историю и прогнозы развития усовершенствованного объекта и его системного окружения.

В настоящем учебнике мы дадим краткую характеристику следующих мета-моделей:

- 1) Линия роста степени «идеальности»;
- 2) Полиэкран;
- 3) Линия замещения человека в функционировании ТС;
- 4) «Волна эволюции»;
- 5) Длинные экономические волны (циклы) Кондратьева;
- 6) Переходы в надсистему — подсистему;
- 7) Линии «Моно — Би / Поли — Моно»;
- 8) Линии развития ресурсов.

15.2.1. Мета-модель Линия роста степени «идеальности». В истории человечества было не так уж много открытий и изобретений, потрясших основы человеческой популяции и давших мощный толчок развитию цивилизации. Например, распространение книгопечатания, открытие и применение электромагнитных полей в широком диапазоне частот и проявлений, выход в космос, создание компьютера как машины для переработки информации, биотехнология и генная инженерия.

Историко-технический анализ показывает, что таким революционным изменениям предшествовали периоды более или менее длительного замедления или остановки роста каких-то жизненно важных функций для человечества. Так, можно привести примеры из настоящего времени, относящиеся, в частности, к странам Западной Европы:

- расписания движения поездов не меняются десятилетиями, так как реальные (не рекордные!) скорости и пропускная способность железных дорог давно достигли технических пределов, причем замена существующих железных дорог на линии с магнитным подвесом ничего не может изменить кардинально и является на сегодня тупиковым направлением, опоздавшим в своем вхождении в цивилизацию;
- скорости движения и пропускная способность автомагистралей ограничены и имеют нарастающую тенденцию к образованию заторов, длительность которых достигает десятков километров — ущерб от потери времени автомобильным транспортом только в Германии оценивается гигантскими величинами во многие десятки миллиардов марок в год!
- остановился на уровне чуть выше 30 % рост коэффициента полезного действия атомных и тепловых электростанций — нужны новые источники энергии;
- близка к предельному уровню урожайность зерновых культур — одной из основ питания человечества;
- жесткие ограничения на возможности интенсификации в животноводстве поставлены Природой — нарушение этих ограничений немедленно ведет к вспышкам опаснейших болезней.

Эти и многие другие признаки замедления указывают также на то, что именно по таким направлениям можно ожидать появления крупнейших изобретений. По каждому новому направлению будет происходить рост его MPF, а также рост связанных с этим направлением MPF других отраслей техники. Далее рост MPF этого направления замедлится (см. рис. 14.3: направление выйдет на вершину S-кривой в область 1). Интересно проследить изменение количества 1 и качества (уровня) 2 изобретений на разных участках S-кривой рис. 15.2).

В самом начале, после создания пионерского изобретения с самым высоким уровнем (4 или 5) происходит некоторое запаздывание изобретений в этом направлении. Настоящий прорыв начинается в области (а), когда создаются вспомогательные изобретения, иногда высокого уровня (3 или 4), обеспечивающие достаточные условия для промышленного производства продукта.

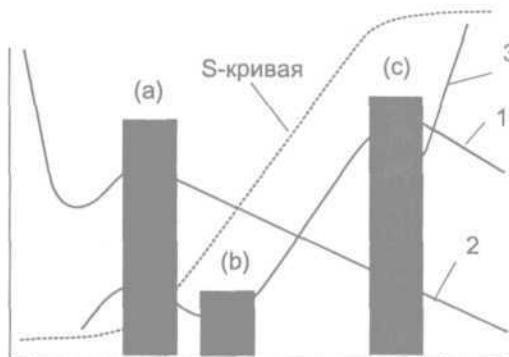


Рис. 15.2. Изменение количества 1 и уровня 2 изобретений на интервале жизненного цикла типа системы; 3 — развитие новой системы

В начале производства между областями (a) и (b) количество изобретений уменьшается, так как осторожные производители ждут первых испытаний и продаж. При успехе начинается бум изобретений, направленных на усовершенствование и продукта, и технологий. В области (c) надежным признаком полностью развернутого производства является уменьшение числа патентов и явная направленность их на мелкие технологические усовершенствования.

В области (c), и нередко еще раньше, могут начинаться серьезные изменения с системой данного типа, направленные на ее выживание в случае, если появились альтернативные системы 3 того же назначения. В целом эта ситуация характеризуется линией роста степени идеальности системы данного типа, представленной на рис. 15.3.

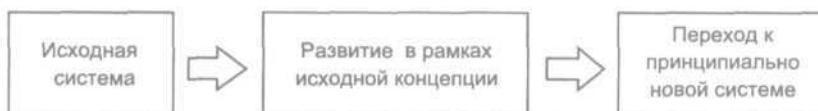


Рис. 15.3. Линия роста степени «идеальности»

15.2.2. Мета-модель Полиэкран. Изобретатели, не знающие законов развития технических систем, генерируют множество различных вариантов решения. Жизнеспособными оказываются только те мутации, которые действуют в направлении, совпадающем с объективно существующими законами развития. Такое мышление несистемно. Но в технике существует возможность накопить опыт мутаций, выявить правила удачных изменений и использовать их сознательно и направленно. И тогда талантливое мышление может приобрести другую структуру.

Генрих Альшуллер дает следующее образное описание возможности новой организации системного мышления изобретателей. Обычно, если в задаче сказано «дерево», то человек видит именно некоторое дерево. То есть, воображение создает определенный образ задачи. Прочитал человек условия (обозначены как ?), и сразу же вспыхивает мысленный экран с высвеченной на нем картинкой-решением 1 (рис. 15.4).



Рис. 15.4. Простые «одномерные» экраны мышления

Ненаправленный перебор вариантов приводит к тому, что таких картинок может быть очень много. Дерево становится то больше, то меньше, но ничего принципиально не меняется. Часто на этом все и кончается: ответ не найден, задача признана неразрешимой.

Это — обычное мышление. Талантливое воображение одновременно зажигает три экрана (рис. 15.5).

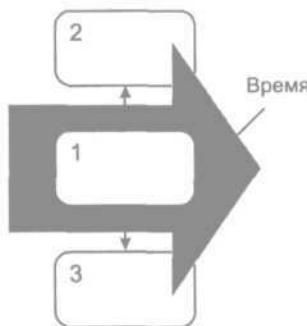


Рис. 15.5. «Три-экран»:
1 — система; 2 — надсистема; 3 — подсистема

Видны надсистема 2 (группа деревьев), система 1 (дерево) и подсистема 3 (лист).

Это, конечно, минимальная схема. Часто включаются и другие (верхние или нижние) экраны: наднадсистема (лес) и подподсистема (клетка листа).

Но еще важнее видеть все это в развитии. И тогда нужно включить еще «боковые» экраны, показывающие прошлое и будущее на каждом уровне (рис. 15.6). Минимум девять (!) экранов системно и динамично отражают системный и динамичный мир.

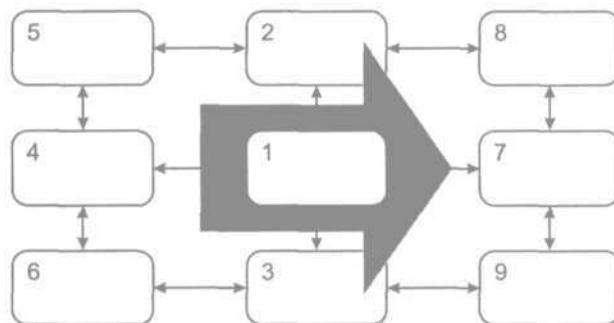


Рис. 15.6. «Девятишкваренная» схема талантливого мышления

Пример 96. Финиковая пальма. За сезон финиковая пальма может дать до 240 литров сладкого сока, идущего на изготовление пальмового сахара. Но для сбора сока надо сделать надрез на стволе под самой кроной. А это 20 метров высоты! Задачу предложили фирме, выпускающей сельскохозяйственные машины и механизмы. Специалисты попробовали альпинистский способ — человек поднимается, вырубая ступеньки на стволе. Но способ оказался непригодным: много ступенек — дерево погибает, мало ступенек — трудно подниматься. Начали проектировать нечто вроде пожарной машины с раздвижной лестницей. Каково же было удивление специалистов, когда они узнали, что в Бангладеш крестьяне обладают секретом, позволяющим подниматься на пальму без всяких машин...

Эта задача не решается, если включен только экран 1. Но стоит только совместно рассмотреть хотя бы экраны 1 и 4, как решение становится очевидным. На экране 4 — маленькая пальма. Сока она еще не дает, но на ней легко можно сделать зарубку — будущую ступеньку. От одной-двух ступенек в год дерево не погибнет. На следующий год — еще несколько зарубок. И к тому времени, когда дерево вырастет и будет способно давать сок, на стволе окажется готовая лестница.

Другое решение просматривается при включении экрана 2. К одному дереву надо приставлять лестницу. Но если рядом растут два дерева, то их стволы — почти готовая лестница, не хватает только веревочных перекладин.

Генрих Альшуллер, приводя этот пример, подчеркивал: это не самый сложный случай — девять экранов. Гениальное мышление заставляет работать много больше экранов, например, 27! Когда параллельно первым 9 экранам рассматривается эволюция содействующих и противодействующих систем с их надсистемами и подсистемами. В ТРИЗ ставилась цель: дать правила организации мышления по многоэкранной схеме на основе изучения закономерностей развития систем.

Многоэкранное мышление позволяет избежать многих драматических ошибок. Изобретатель обычно нетерпелив — найдя первое же решение задачи, он склонен считать свою миссию законченной. В результате новая техническая идея используется только частично, не в полную меру.

15.2.3. Мета-модель Линия замещения человека в функционировании ТС. Одной из главных линий системо-технического развития ТС является замещение человека в функционировании самой ТС (рис. 15.7).

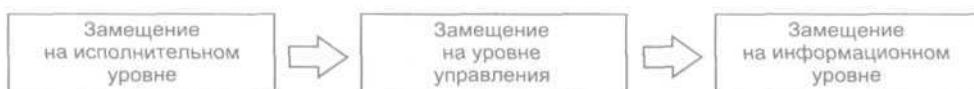


Рис. 15.7. Функциональное замещение человека при развитии технических систем

Так, на исполнительном уровне происходило замещение рук, ног и мускульной силы человека искусственными инструментами, механизмами и иными источниками энергии.

На уровне управления замещение шло в направлении создания автоматических регуляторов, копировально-обрабатывающих станков, автопилотов и автонавигаторов и т. д.

На информационном уровне замещение началось с инструментов получения информации — различных датчиков и измерительных устройств, чувствительность, точность и скорость работы которых намного превосходит возможности человеческих органов чувств. Далее человек замещается в подсистемах получения и обработки информации, подготовки и принятия решений.

Парадоксальной негативной тенденцией развития ТС (негативным сверх-сверх-эффектом!) является замещение человека... в природе! Техносфера, развивающаяся человеком, оказывает негативное воздействие на природу и может уничтожить ее, а значит, уничтожить и само человечество.

По современным представлениям, жизнь на Земле зародилась около четырех миллиардов лет назад. Развиваясь, приспособливаясь к существовавшим тогда на планете условиям, живые организмы начали преобразовывать окружающую среду. Эти преобразования привели к появлению кислородсодержащей атмосферы, почвы, озона, современного ландшафта с его лесами, реками, озерами, болотами, тундрой, тайгой и джунглями. Так появилась биосфера, в которой миллионы видов живых организмов и преобразованная ими планета идеально подогнаны друг к другу. Здесь нет ничего лишнего.

Но вот появился человек, который, благодаря разуму, стал усиливать мощь своих мускулов, органов чувств, интеллект, начал создавать технику и технологические процессы.

Современная индустриальная мощь земной цивилизации — лишь логическое развитие технократического направления. Однако, экспансивное развитие технических систем оказывает негативное воздействие на Природу.

Техносфере не нужна почва. Поэтому на планете все меньше и меньше плодородной земли, а все больше шлака, мертвых пустынь и терриконов.

Техносфере не нужна кислородсодержащая атмосфера. Поэтому, например, уже сегодня промышленность США потребляет больше кислорода, чем его вырабатывают зеленые растения на территории США. США живут за счет кислорода, вырабатываемого российской тайгой и амазонскими джунглями. А если все страны достигнут такого уровня потребления кислорода?

Техносфере не нужен озоновый слой в атмосфере. Хотя на озон приходится только одна десятимиллионная часть всей атмосферы, он поглощает около четырех процентов солнечной энергии, падающей на Землю, что в сотни раз превышает количество тепла, выбрасываемого в атмосферу всей современной индустрией. Поэтому влияние состояния озона на погоду и климат на планете значительно сильнее техногенного воздействия на приземные слои воздуха, а также сильнее парникового эффекта.

Техносфере не нужна живая Природа. Интенсивно растет число заболеваний раком, аллергией, легочных и сердечно-сосудистых заболеваний, генетических и наследственных болезней, обусловленных заражением воды, воздуха.

почвы. Это относится и к появлению опасных заболеваний промышленно разводимых животных, употребляемых для питания людей. Чрезвычайную опасность представляет СПИД, особенно в случае появления аналогов со свойствами вирусного распространения.

Происходят необратимые изменения ландшафта, эрозия почв, исчезновение лесов, загрязнение морей и океанов, отравление питьевой воды.

Техносфера занимает ту же экологическую нишу, что и биосфера в целом: машины, механизмы, технические устройства размещены на земле и в толще земли, воды, воздуха и активно обмениваются с ними веществом и энергией.

Кардинальный выход из сложившейся ситуации только один: необходимо предоставить техносфере, особенно, ее индустриальной и энергетической части, экологическую нишу вне биосферы! Это обеспечит сохранение и развитие биосферы по тем законам и направлениям, которые были сформированы в течение миллиардов лет эволюции, а также гармоничное взаимодействие общности людей, как биологических объектов, с биосферой.

Такой экологической ниши на Земле нет. Но она есть в космосе, где для большинства технологических процессов идеальные условия: невесомость, вакуум, сверхвысокие и криогенные температуры, неограниченные энергетические, пространственные и даже сырьевые ресурсы. Для широкомасштабного освоения космоса у человечества не так уж много времени, так как по целому ряду прогнозов из-за технократической агрессии против биосферы через одно-два поколения (максимум в течение 50–80 лет!) начнется необратимая деградация биосферы, а значит и вымирание человеческого рода. Освоение ближнего космоса — это не причуды фантастов. Уже сегодня это становится делом спасения жизни на Земле.

15.2.4. Мета-модель «Волна эволюции». Повышение «идеальности» сложных систем обеспечивается двумя противоположными процессами:

- развертывание — увеличение количества и качества выполняемых функций за счет усложнения системы;
- свертывание — увеличение (сохранение) количества и качества функций, выполняемых при одновременном относительном упрощении системы.

Относительным упрощение системы является только потому, что, как правило, количество элементов становится меньшим. Однако при этом сложность уходит в более высокую (а значит, более сложную!) организацию вещества и энергии в элементах.

Процессы развертывания-свертывания могут чередоваться для разных видов системы одного и того же типа, и могут идти параллельными путями, то есть могут существовать в своих нишах техносфере разные по сложности системы одного типа.

В целом в ТРИЗ совокупное действие процессов развертывания-свертывания представляется так называемой «Волной эволюции» систем⁷¹ (рис. 15.8). Трапециями показаны процессы, существенные для соответствующего периода.

Линии развертывания (а) и свертывания (б) представлены на рис. 15.9.

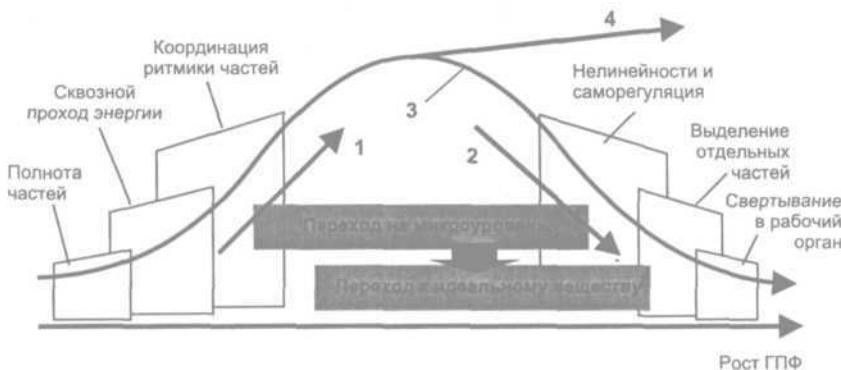


Рис. 15.8. Мета-модель «Волна эволюции» технических систем:
1 — развертывание; 2 — свертывание; 3 — изменение относительной сложности системы;
4 — интеграция с другими системами



Рис. 15.9. Мета-модель «Развертывание — Свертывание» технических систем

Пример 97. Электроника и компьютеры. Потрясающим примером разнообразия и прогресса, в котором полностью реализована закономерность развертывания—свертывания систем, являются компьютеры. Вы можете посмотреть любую книгу по истории компьютеров от первых машин середины 1940-х годов до середины 2006 года, чтобы самостоятельно увидеть подтверждение этой закономерности. Кратко можно указать на следующие примеры: первые компь-

⁷¹ Рисунок воспроизведен по работе Ю. Саламатова из сборника Шанс на приключение / Составитель — А. Селюцкий. — Петрозаводск, 1991.

ютеры на электронных лампах были менее мощными в вычислительных возможностях, чем любой современный многофункциональный карманный калькулятор, а их конструкции состояли из многих металлических шкафов и занимали целые комнаты; за последние 8 лет (с 1998 года) произошел невероятный рост тактовой частоты работы, а значит, и почти такой же рост производительности, персональных настольных и ноутбуковых компьютеров с начального среднего уровня около 200 Мегагерц до более чем 3000 Мегагерц (3 Гигагерц) при тех же размерах конструкции; ведущие фирмы продолжают создавать вычислительные комплексы, состоящие из тысяч и десятков тысяч процессоров (развертывание!). Примеров здесь очень много, особенно с учетом роста функциональных возможностей и интеграции с системами управления.

Такие же примеры Вы легко обнаружите, если проследите мысленно изменение радиоприемников и телевизионных приемников, а также аудио- и видеозаписывающих устройств в вашем доме, изменение телефонных устройств.

Пример 98. Микропроцессоры и микросхемы памяти. Пример частичного свертывания; оперативная память RAM персонального компьютера сегодня состоит из нескольких конструктивных микроплат. Полное свертывание: микропроцессор на одном кристалле или в виде одного конструкционного элемента (микросхема).

15.2.5. Мета-модель Длинные экономические волны (циклы) Кондратьева. Экономисты хорошо знают модель циклического развития экономики, характеризующуюся волнами, имеющими стадии подъема, процветания, снижения и депрессии. Основу каждого цикла составляют крупнейшие открытия и изобретения, сделанные как правило на интервалах депрессии и полагающие начало очередной технической реконструкции цивилизации, а следовательно, и подъему экономики. Модель была предложена в 1925 году в России экономистом Н. Кондратьевым и вскоре признана во всем мире.

Для стран, отличающихся уровнем развития, эти волны имеют расхождения во времени и в специфических особенностях, однако в целом во всех экономических системах этот закон проявляется вполне отчетливо. Более того, эти процессы свойственны и мировой экономике из-за все более растущего мирового рынка. Эти волны следует прогнозировать и учитывать в стратегическом планировании разработки новых технических систем.

Так, в основе развития XVIII века лежали такие изобретения как паровой двигатель и ткацкий станок. Второй цикл, приходящийся на XIX век, связан с развитием металлургии и железнодорожного транспорта. На XX век приходятся третий цикл, обусловленный развитием электротехники, химии и автотранспорта, и четвертый цикл, обусловленный развитием авиастроения, высокомолекулярной нефтехимии и электроники.

В ряде прогнозов указывается, что начало XXI века совпадает с началом нового экономического подъема. Прогнозируемый пятый цикл связывается с развитием целого комплекса направлений: биотехнологии, лазерная техника, микроэлектроника и нанотехнологии, системы коммуникации типа интернет,

искусственный интеллект, космическая индустрия. Назрела также потребность в кардинальном изменении автомобильного и железнодорожного транспорта.

15.2.6. Мета-модель Переходы в надсистему — подсистему. Эта мета-модель хорошо коррелирует с моделями развертывания—свертывания, но имеет некоторые специфические особенности, когда исходная система «исчезает», а функция ее остается, но передается либо в надсистему, либо в развившуюся часть самой этой системы.

Надо помнить, впрочем, что многие типы систем сходного назначения продолжают длительное время сосуществовать совместно, параллельно во времени, занимая свои ниши в техносфере. Этот прием позволяет новой системе В преодолеть функциональное сопротивление со стороны «старой» системы А и блокирующее влияние инерции интересов производителей системы А (см. схему 14.1). Это означает, что конкуренция нового со старым может быть не столь драматичной. Более того, в принципе можно представить себе такую идеальную картину, когда крупные производители технических систем откажутся от преследования сугубо экономических корыстных целей, а всегда будут инициаторами и создателями прогрессивных крупномасштабных инноваций.

Формула перехода в надсистему: новая система В приходит на смену системе А, включая систему А как одну из подсистем.

Пример 99. Удаленное считывание данных. Считывание показаний квартирных датчиков расхода воды, газа и электроэнергии производится без посещения квартиры служащими соответствующих компаний, а с помощью дистанционного опроса этих приборов прямо с автомобиля, движущегося по улице, при этом в приборах содержится передающий радиопередатчик — функция считывания вынесена в надсистему сбора информации. Легко продолжить этот пример, подключив приборы к интернету. Таким образом, прибор стал частью надсистемы, так как одна из его важнейших функций — «передача» показаний — технически включена в надсистему, которой эти показания и нужны. Здесь инновация означает развертывание надсистемы и свертывание подсистемы.

Формула перехода в подсистему: новая система В приходит на смену системе А, как одна из ее бывших подсистем, забирая при этом все функции системы А.

Пример 100. Электрическое мотор-колесо. Первые большие карьерные самоавалы строились по традиционной схеме «дизельный двигатель — электрогенератор — электродвигатель — трансмиссия на каждое колесо — колеса». Вскоре был изобретен самосвал со следующей схемой: «дизельный двигатель — электрогенератор — электродвигатели-колеса», в которой электродвигатель встроен в каждое колесо. Это резко упростило всю систему, так как регулирование мощности и числа оборотов электродвигателя намного проще, чем в механической трансмиссии. Таким образом, механическая трансмиссия полностью исключена, а ее функции перешли к двигателю-колесу, в котором и двигатель стал частью колеса! Сверхэффектом такого свертывания стало

улучшение управляемости самосвалом. Здесь, фактически, произошло свертывание прежней системы привода на колеса и развертывание самого колеса.

15.2.7. Мета-модель Линии «Моно — Би / Поли — Моно». Эту модель часто путают с рассмотренной выше. Они действительно похожи по механизму образования новых систем. Однако, в модели перехода в надсистему-подсистему система А сохраняется соответственно, либо как часть в структуре системы более высокого ранга (надсистема сбора информации включает первичные измерительные приборы как датчики), либо как часть системы более низкого ранга.

Линии «Моно — Би / Поли — Моно» (рис. 15.10) показывают возможность формирования систем одного и того же ранга, но с разной степенью сложности и функциональности. А теперь, после сделанного уточнения, можно сказать, что эта же модель может применяться и как механизм перехода в надсистему или в подсистему. Просто это не главное ее назначение.



Рис. 15.10. Мета-модель «Моно — Би / Поли — Моно» для развертывания — свертывания технических систем

Исходная техническая система (моно-система) удваивается с образованием би-системы, и многократно увеличивается при обединении нескольких систем с образованием полисистемы. Как видно из рис. 15.10, могут объединяться системы с одинаковыми функциями, с функциями, имеющими отличия в параметрах (со смещенными свойствами), разнородными и инверсными (противоположными) функциями.

Во всех этих случаях главным признаком изобретения является возникновение нового системного качества, отсутствующего по отдельности у ранее существовавших систем.

Пример 101. Коллекция ножей. Если нож как моно-систему соединить с другим ножом, то получатся ножницы, имеющие иные свойства. Если металлическую пластину с определенным коэффициентом линейного расширения соединить параллельно с пластиной, имеющей другой коэффициент линейного расширения (то есть ту же функцию, но со сдвинутым параметром), то получим биметаллическую пластину с новым свойством — изгибание при нагревании (охлаждении). Если последовательно соединить пластины с одинаковым коэффициентом линейного расширения, но с инверсным направлением расширения (положительным и отрицательным), то получим би-систему с нулевым коэффициентом расширения!

Пример 102. Крылья летательных аппаратов. Реинвентинг по мета-модели «Моно — Би / Поли — Моно» приведен на рис. 15.11. Исторически параллельно начали развиваться все виды самолетных крыльев: моноплан, биплан и полипланы. Вскоре более высокие показатели эффективности были достигнуты для бипланов, однако стремление получить как можно более высокую скорость полета привело к преимущественному развитию монопланов. Бипланы, неприхотливые к обустройству взлетно-посадочной площадки, постепенно были все же вытеснены быстрыми монопланами. Полипланы в конце 1930-х годов и вовсе были забыты. Это направление считалось неперспективным. Теория развивалась преимущественно для моноплана и, частично, для биплана. Монопланы достигли гиперзвуковых скоростей в 5, 7 и 10 скоростей звука, и рекордных высот более 100 км (исключительно военные машины)! Однако, некоторые качества моноплана оставались дорогими. Например, крыло-моноплан сложно в изготовлении и в управлении, имеет высокий вес.

В середине 1950-х годов в Московском авиационном институте под руководством С. Белоцерковского сложился коллектив энтузиастов, разработавший впоследствии теорию и практические конструкции для полипланов. Возрождение забытого привело за минувшие годы к открытию выдающихся свойств полиплана и к созданию действительно нового направления для развития самолетов будущего. При одинаковой подъемной силе вес полиплана в 4–6 раз меньше веса крыла со сплошным сечением и в 2–3 раза меньше веса крыла с полым сечением. С помощью динамизации шага между планами достигнута практически постоянная степень устойчивости во всем диапазоне скоростей от самых малых до гиперзвуковых! Сборка полипланов намного проще, чем крыла-моноплана.

В этом примере Вы можете увидеть своеобразное обращение времени и возврат в прошлое, или, еще лучше — воспоминание о будущем, как подобное явление назвал бы известный исследователь удивительных загадок ушедших земных цивилизаций фон Деникен⁷²!

Практически же мы можем сделать вывод о том, что приемы, собранные в этой мета-модели, показывают, что переходы могут идти не только строго

⁷² Эрих фон Деникен (род. 1935, Швейцария) — известный австрийский ученый, исследователь технических феноменов древних цивилизаций и возможности посещения Земли инопланетными.

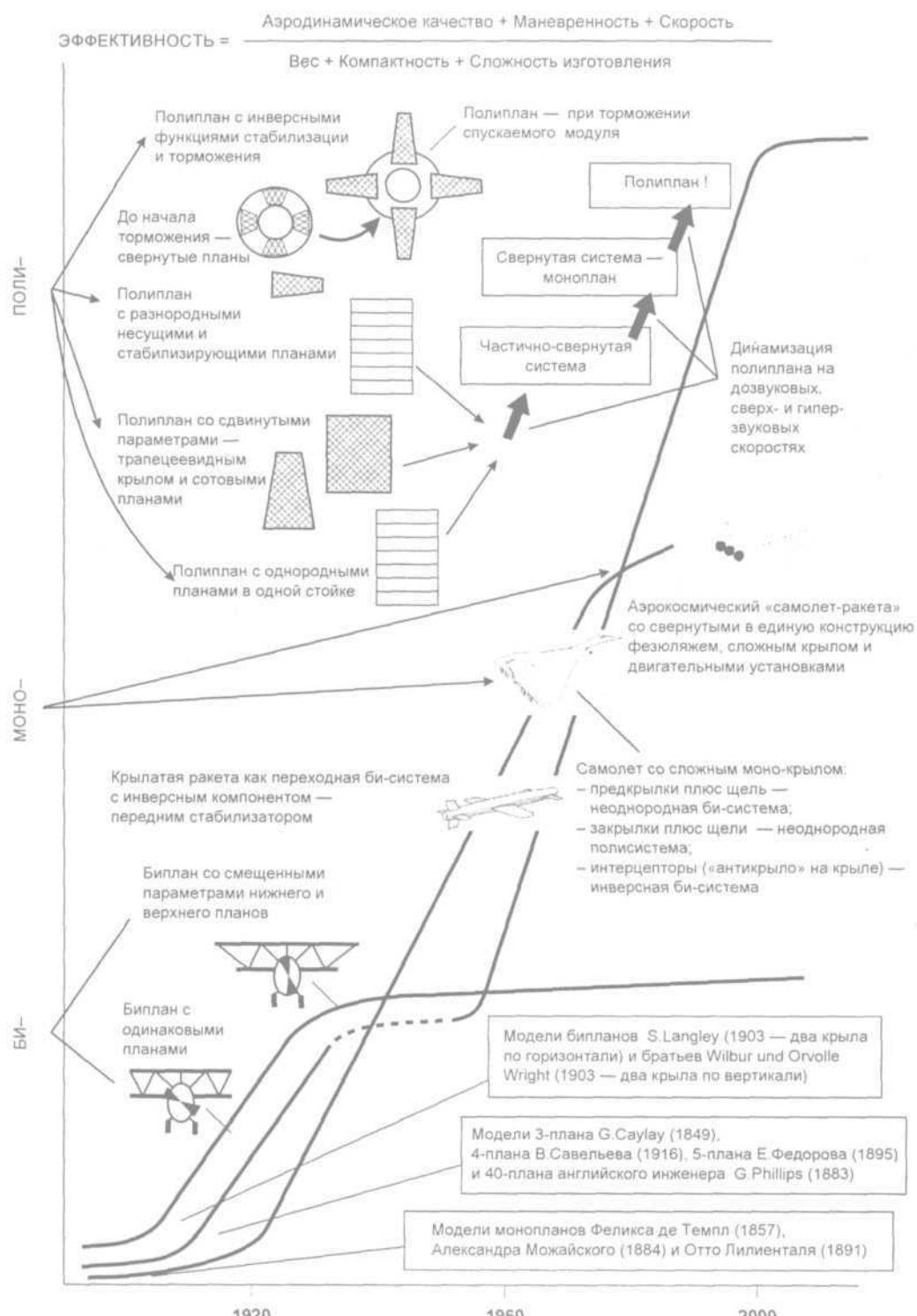


Рис. 15.11. Примеры развития «Poly-Bi-Mono» и «Mono-Poly» для крыльев самолетов

линиям «Моно — Би / Поли — Моно», но и по линиям «Би / Поли — Моно — Би / Поли» или «Моно — Би / Поли». То есть, мы снова видим свойственную почти всем приемам ТРИЗ возможность версификации или обращения направления действия.

15.2.8. Мета-модель Линии развития ресурсов. Развитие систем в направлении роста идеальности связано с достижением таких свойств, как повышение степени координации ресурсов и применения хорошо управляемых ресурсов.

Управляемость системы является свидетельством ее высокого развития. Но управляемость возможна только в том случае, когда управляемые компоненты системы используют динамизированные ресурсы, управляемый параметр которых изменяется в нужном диапазоне.

Эти тенденции отражены в линиях развития ресурсов. Наиболее важные мета-модели представлены ниже.

Переход к высокоэффективным полям приведен на рис. 15.12.



Рис. 15.12. Линия перехода к высокоуправляемым полям

Здесь следует иметь в виду, что некоторые из этих «полей» нужно рассматривать как физико-математические понятия. Например, если рассмотреть все множество механических сил, приложенных к объекту, как множество векторов, то это множество и образует пространственное поле действия этих сил, или механическое поле.

Далее, к механическим полям здесь отнесены также акустическое и гравитационное. Гравитация сообщает вес всем телам на Земле. Хотя само по себе гравитационное поле имеет далеко не полностью раскрытые свойства.

Пример 103. Забивание свай. В течение одного десятилетия в 1970-х годах отмечено развитие способов забивания строительных свай по всей приведенной линии: падающий молот (гравитационный «механизм») — гидравлический молот — электрогидравлический удар (на основе эффекта Юткина) — электромагнитный молот (разгоняется в соленоиде) — «электромагнитная свая»: свернутая би-система «свая—молот», в которой поверхностный слой головки бетонной сваи пропитывается электролитом, бетон становится проводником, а вместо молота разгоняется сама свая. Следует отметить, что параллельно с этими инновациями были признаны изобретениями и несколько пневматических молотов, обладающих простой конструкцией.

Следующие три линии также связаны с динамизацией систем.

Примеры для иллюстрации дробления инструмента (по рис. 15.13):

Пример 104. Линия дробления хирургического инструмента: металлический скальпель — ультразвуковой скальпель — вода под давлением — лазерный луч.

Пример 105. Линия дробления режущего инструмента газонокосилки: цельные металлические вращающиеся ножи — вращающаяся металлическая цепь — вращающаяся леска — вращающаяся струя воды под давлением.

Примеры для иллюстрации дробления вещества (по рис. 15.14):

Пример 106. Уменьшение трения скольжения в парах вращения «вал — опора»: непосредственный контакт трущихся металлических поверхностей вала



Рис. 15.13. Линия дробления инструмента

Рис. 15.14. Линия дробления вещества

и опоры скольжения — бесконтактная гидростатическая опора (жидкая смазка) — бесконтактная газостатическая опора (газ подается под давлением через пористые втулки) — магнитная сверхточная опора.

Пример 107. Повышение долговечности и надежности контактов скольжения (щеток) для передачи тока на электродвигатели и от электрогенераторов: угольные щетки — щетки из спеченных углеродных волокон — ферромагнитный порошок с постоянным магнитным полем — магнитная жидкость — ионизированный газ — разряд в вакууме.

Примеры для иллюстрации введения пустоты (по рис. 15.15):

Пример 108. Применение пористых материалов в подшипниках скольжения (см. Пример 106).

Пример 109. Автомобильная шина: сплошная — с воздушной полостью (камерная и бескамерная) — шина с перегородками (многокамерная) — шины из пористого материала — шины из капиллярно-пористого материала с охладителем — шины с заполнением пористыми полимерными частицами и гелеобразным веществом.

В заключение этого раздела приведем одну более сложную мета-модель роста управляемости полей (рис. 15.16). Можно без преувеличения сказать, что прогресс современной радиотехники, электронной оптики, компьютерной вычислительной техники, компьютерной томографии, лазерной техники и микроэлектроники полностью опирается на эту линию развития.



Рис. 15.15. Линия введения пустоты

Рис. 15.16. Рост управляемости полей

15.3. Интеграция альтернативных систем

Конкурирующими системами называют в ТРИЗ такие системы, которые имеют одно и то же назначение, одинаковую главную полезную функцию, но различную техническую реализацию и, следовательно, различную эффективность. Так, по этому определению, конкурирующими являются обычные железнодорожные поезда и поезда на магнитном подвесе.

В принципе, конкуренцию систем можно рассматривать и в более широком контексте, и в более узком. В более широком смысле можно рассматривать конкурирующие системы разных классов (неоднородные системы), например, автомобильный и железнодорожный транспорт. В более узком — рассматривать конкуренцию близких (однотипных) систем, например, среди нескольких марок автомобилей с близкими характеристиками.

В любом случае для интеграции выбираются так называемые альтернативные системы — имеющие прямо противоположные пары позитивных и негативных свойств.

Пример 110 (начало). Колесо велосипеда. В известном ТРИЗ-примере рассматриваются спицевое колесо, которое имеет малый вес и высокую прочность, но сложно в сборке, и сплошное дисковое металлическое колесо (рис. 15.17,б), которое при простой сборке имеет повышенный вес либо пониженную прочность.

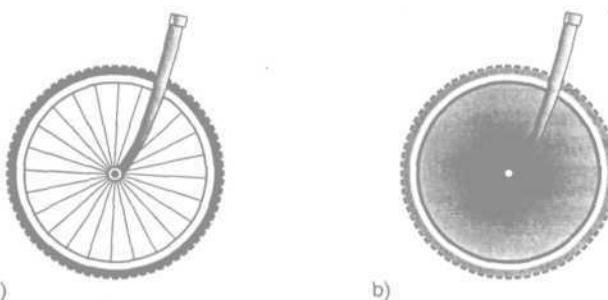


Рис. 15.17. Альтернативные системы: спицевое (а) и дисковое (б) колеса

Метод интеграции альтернативных систем позволяет направленно конструировать новые системы путем объединения альтернативных систем таким образом, чтобы их позитивные свойства перешли в новую систему, а негативные исчезли или были значительно ослаблены. Тем самым достигается повышение степени идеальности (эффективности) новой системы.

В частности, этот метод позволяет продлить жизнь существующих альтернативных систем, одна из которых (или обе) достигла пределов своего развития и исчерпала видимые ресурсы для дальнейшего прогресса. Действительно, эффективность систем оценивается как отношение показателей, принадлежащих к группам позитивных и негативных факторов, то есть к числителю и к знаменателю соответствующей формулы (см. раздел 14.2):

- I) числитель: скорость, грузоподъемность, точность и так далее;

- 2) знаменатель: расход электроэнергии, расход топлива, затраты на обслуживание, сложность производства, экологический ущерб и его компенсация и т. д.

При этом объединяемые системы должны иметь альтернативные пары свойств, например, одна система является высокопроизводительной, но дорогой и сложной, а другая — менее производительной, зато простой и недорогой. Важно, чтобы при объединении произошло свертывание (вытеснение) за пределы новой системы недостатков альтернативных систем и развертывание (возможно, с усилением) полезной функции, по которой происходит интеграция.

Рассмотрим примеры интеграции однородных альтернативных систем.

Пример ПО (окончание). Достоинство спицевого колеса обеспечивается предварительной напряженностью конструкции. Именно это свойство и нужно перенести на дисковое колесо. Для этого диск выполнен из двух тонких диафрагм 2 (рис. 15.18,а), устанавливаемых в обод колеса и растягиваемых в области осевой втулки 1 таким образом, чтобы возникло предварительное напряжение конструкции. Такое колесо (рис. 15.18,б), намного проще в изготовлении и регулировке и при одинаковой прочности обладает меньшим весом по сравнению со спицевым колесом! Дополнительные возможности для снижения веса практически без потери прочности состоят в создании на диафрагмах вырезов или отверстий (рис. 15.18,с). Процесс изготовления диафрагм при этом не усложняется, так как они получаются одним ударом штампа. Штамп, разумеется, становится более сложным, но это практически не сказывается на стоимости производства при достаточно большой серии.

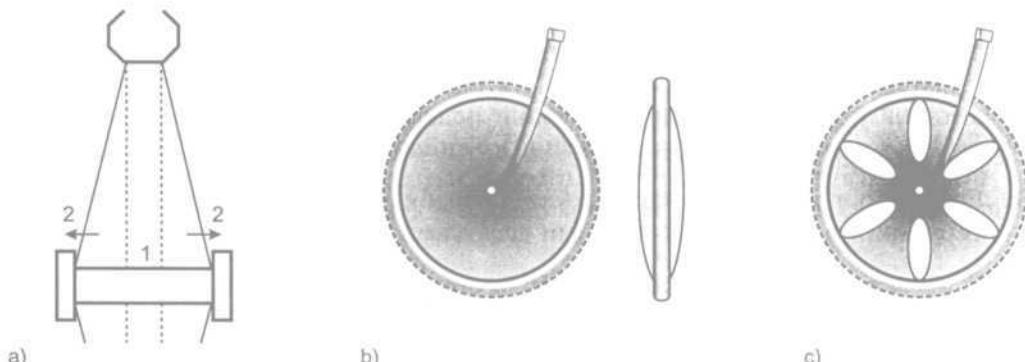


Рис. 15.18. Дисковое диафрагменное колесо:
сборка (а), обычный (б) и облегченный (с) варианты

Пример 111. Подшипник скольжения? Такой подшипник прост в изготовлении, выдерживает большие радиальные нагрузки и тихо работает. Однако он имеет большой недостаток — требует приложения больших усилий для старта, так как в статичном состоянии смазка выдавливается между валом и опорой, и поэтому при старте фактически имеет место сухое трение. Подшипник качения является альтернативной системой, так как имеет малый пусковой момент, однако намного сложнее в изготовлении, дорог, плохо выдерживает радиальные нагрузки и работает с большим шумом.

В качестве базовой системы обычно выбирают более простую и недорогую, в данном случае, подшипник скольжения. Как сделать, чтобы его пусковой момент был почти таким же, как у подшипника качения? Нужно объединить обе системы. Например, следующим образом: добавить в смазку микрошарики! Тогда при старте потребуется значительно меньший пусковой момент, а при нормальной работе будет обеспечен режим скольжения.

В качестве примера интеграции неоднородных систем рассмотрим идею Струнной Транспортной Системы (СТС) А. Юницкого (73).

Пример 112. Струнная Транспортная Система А. Юницкого. С каким транспортом человечество входит в новое тысячелетие? Будет ли цивилизация медленно стагнировать, оставаясь в пленах психологической инерции — безальтернативного поклонения автомобилю и самолету? Будет ли железная дорога и далее поглощать ресурсы на поддержание своей морально устаревшей техноструктуры? Наконец, наступит ли понимание того, что наша планета сейчас не более надежна, чем «Титаник», на котором тоже не было надежного прогнозирования и управления и не хватало спасательных средств?!

Автомобиль:

1. Появился в конце XIX века. Построено за прошедший век свыше 10 млн. км дорог, выпущено около 1 млрд. автомобилей. Автомобиль среднего класса стоит 15...20 тысяч долларов США.
2. Современный автобан стоит 5... 10 млн долларов США/км, изымает из землепользования около 5 га/км земли, а с инфраструктурой — до 10 га/км. Объем земляных работ превышает 50 тыс. м³/км. Автомобильные дороги и их инфраструктура отняли у человечества свыше 50 миллионов гектаров земли, причем отнюдь не худшей земли. Такова суммарная территория таких стран, как Германия и Великобритания. Резерва для строительства дополнительных автодорог в Германии практически нет.
3. Ежегодно простои автотранспорта в пробках наносят ущерб экономике Германии, исчисляемый многими десятками миллиардов долларов.
4. В последние десятилетия автомобиль стал основным рукотворным орудием убийства человека. По данным Всемирной организации здравоохранения на автомобильных дорогах мира ежегодно гибнет (в том числе и от послеаварийных травм) свыше 900 тыс. человек, несколько миллионов становятся калеками, а свыше 10 млн. человек — получает травмы.
5. Средневзвешенная скорость движения на дорогах 60...80 км/ч; автомобиль простояивает не менее 90 % времени своего жизненного цикла; среднее расстояние поездок — 10...20 км; ездить в течение одного дня более 400 км — утомительно и опасно даже по автобанам Германии.
6. Автомобиль стал основным источником шума и загрязнения воздуха в городах. Выхлоп автомобиля содержит около 20 канцерогенных веществ и

⁷³ Материалы для публикации предоставлены А. Юницким.

более 120 токсичных соединений. Автомобили расходуют суммарную мощность, превышающую мощность всех электростанций мира!

7. Негативное воздействие на Природу оказывают системы, которые обслуживают автотранспорт: нефтяные скважины и нефтепроводы, нефтеперерабатывающие и асфальтобетонные заводы и т. д.

Железнодорожный транспорт:

1. В его современном понимании зародился в начале XIX века, хотя первые колейные дороги существовали еще в Древнем Риме. Во всем мире построено более миллиона километров железных дорог.
2. В современных условиях километр двухпутной дороги с инфраструктурой стоит 3...5 млн долларов США, пассажирский вагон — около 1 млн долларов США, электровоз — около 10 млн долларов США. Требует при строительстве много ресурсов: металла (стали, меди), железобетона, щебня. Объем земляных работ в среднем около 50 тыс. м³/км. Отнимает у землепользователя много земли — около 5 га/км, а с инфраструктурой — до 10 га/км.
3. В сложных географических условиях требует строительства уникальных сооружений — мостов, виадуков, эстакад, тоннелей, что значительно удешевляет систему и усиливает негативное воздействие на Природу. Средне-взвешенная скорость движения — 100...120 км/ч.
4. Шум, вибрация, тепловые и электромагнитные излучения от движущихся поездов влияют на среду обитания живых организмов и жителей прилегающих к дорогам населенных пунктов. Пассажирские поезда в течение года выбрасывают на 1 км полотна и полосы отвода до 12 тонн мусора и 250 кг фекалий.
5. Поезда на магнитном подвесе не могут кардинально изменить ситуацию на железнодорожном транспорте (по крайней мере, в Европе) и требуют недопустимых для экономики любого европейского государства затрат на строительство новых дорог и снос или реконструкцию существующих дорог.

Авиация:

1. Самый экологически опасный и энергоемкий вид транспорта. У современных самолетов суммарный выброс вредных веществ в атмосферу достигает 30...40 кг/100 пассажиро-километров. Основная масса выбросов самолетов концентрируется в районах аэропортов, т. е. около крупных городов — во время прохода самолетов на низких высотах и при форсаже двигателей. На малых и средних высотах (до 5000...6000 м) загрязнение атмосферы окислами азота и углерода удерживается несколько дней, а затем вымывается влагой в виде кислотных дождей. На больших высотах авиация является единственным источником загрязнения. Продолжительность пребывания вредных веществ в стрatosфере много дольше — около года. По своей токсичности современный реактивный лайнер эквивалентен 5...8 тысячам легковых автомобилей и расходует столько кислорода на сжигание топли-

ва, сколько необходимо его для дыхания более 200 000 человек. На восстановление содержания такого количества кислорода в атмосфере необходимо несколько тысяч гектаров соснового леса или еще большая площадь планктона океана.

2. Каждый пассажир во время многочасового полета за счет космического естественного гамма-излучения получает дополнительную дозу облучения в несколько тысяч микрорентген (доза облучения в салоне самолета достигает 300...400 мкР/ч при норме 20 мкР/ч).
3. Под аэропорты необходимо отводить земли, по площади сопоставимые с полосой отвода под железные и автомобильные дороги, но расположенные в непосредственной близости от городов, а значит, более ценных.
4. Авиация оказывает очень сильное шумовое воздействие, особенно в районах аэропортов, а также — значительные электромагнитные загрязнения от радиолокационных станций.
5. Воздушный транспорт — самый дорогой. Стоимость современных аэробусов достигает 100 млн долларов США, затраты на строительство крупного международного аэропорта превышают 10 млрд долларов США.

Этот краткий анализ не оставляет сомнений в необходимости искать возможности для кардинального изменения транспортных коммуникаций. К одной из таких возможностей относится и изобретение инженера из Республики Беларусь Анатолия Юницкого. Впервые идея была опубликована им в 1982 году в бывшем СССР и, разумеется, не нашла официальной поддержки. Ее автор еще до этого события уже был занесен в списки неблагонадежных. Попытки дискредитации А. Юницкого предпринимались с конца 1970-х годов за его идею о геокосмической индустриализации (см. раздел 18.2), резко контрастировавшей с официальной триумфальной политикой ракетного освоения околосземного космоса.

А теперь выполним реинвентинг изобретения А. Юницкого на основе Метода интеграции альтернативных систем.

Альтернативная система 1 — высокая скорость, но малая маневренность (железнодорожный состав), система 2 — невысокая скорость, но большая маневренность (автомобиль).

При междугородных коммуникациях нельзя игнорировать требование безопасности и достаточно большой скорости движения. Поэтому в данном случае за базовую принимается железнодорожный состав. С другой стороны, в случае аварии по причине одиночного схода с путевой структуры автомобиль представляет меньшую опасность, так как несет меньшее количество пассажиров. То есть, технические преимущества автомобиля существенно обусловлены его модульностью и малыми габаритами по сравнению с поездом.

Эти рассуждения приводят к первому положению: транспорт должен стать высокоскоростным на основе модулей с небольшим числом пассажиров.

Далее, проблемы отчуждения земли и стоимость строительства новых трасс. Высокая скорость требует высокой ровности и прямолинейности путевой структуры. Именно этим требованиям в большей мере удовлетворяют железнодорожные пути. Однако, из-за огромного веса железнодорожных составов путевая структура требует обустройства мощных фундаментов, экологически вредных и дорогостоящих. Переход к модульной концепции транспорта приводит ко второму положению: путевая структура рельсового типа может представлять собой достаточно легкие сооружения, поднятые над землей и отличающиеся особой ровностью и прямолинейностью, относительно не зависящей от рельефа местности.

Модульный транспорт безальтернативно должен быть только электродвижимым (см. далее Практикум 14—15). Отсюда третье положение: если автомобиль претендует на место в будущем, то он должен стать электромобилем, и быть интегрированным с новой путевой структурой.

Идея СТС заключается в следующем.

Основой СТС являются два специальных токонесущих рельса-струны (изолированные друг от друга и опор), по которым на высоте 10...20 м (или более, при необходимости) движется четырехколесный высокоскоростной модуль — электромобиль. Благодаря высокой ровности и жесткости струнной путевой структуры на СТС легко достижимы скорости движения в 250...350 км/час (в перспективе до 500...600 км/час и даже до 1000 км/час в вакууммированной трубе). Струнные элементы натянуты до суммарного усилия 300...500 тонн и жестко закреплены в анкерных опорах, установленных с шагом 1...3 км. Поддерживающие опоры установлены с шагом 20...100 м.

Электромодули имеют грузоподъемность до 5000 кг и вместимость до 20 пассажиров (рис. 15.19 и 15.20). Запитка электрической энергией осуществляется через колеса, которые контактируют с токонесущими головками специальных рельсов.

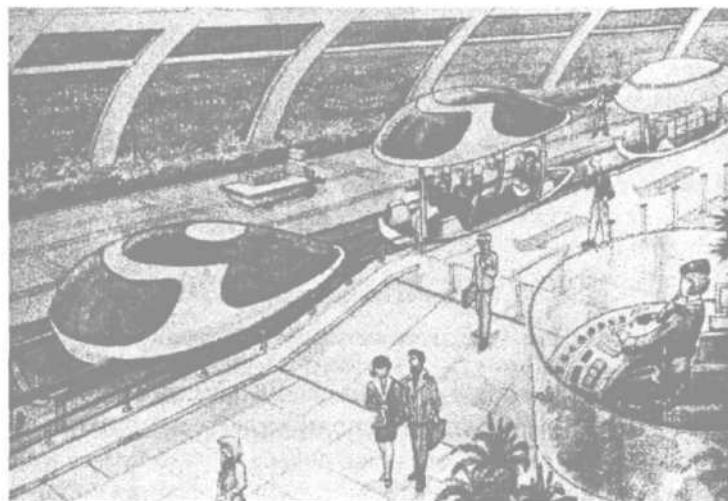


Рис. 15.19. Вокзал струнной транспортной системы

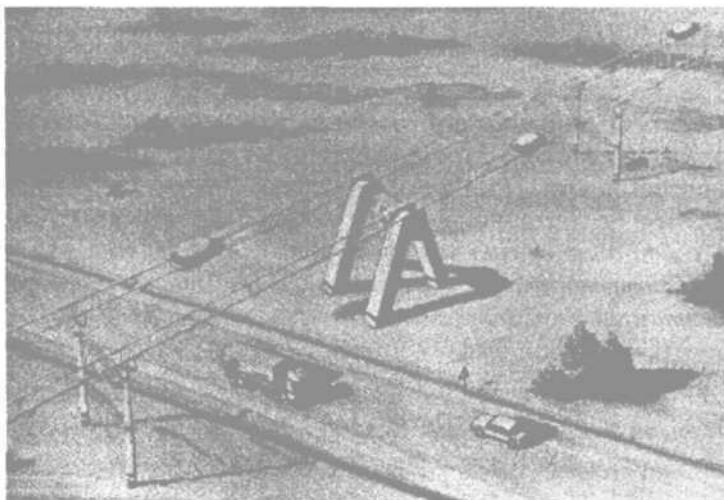


Рис. 15.20. Струнная транспортная система проходит над автобаном

При использовании автономного энергообеспечения модуля, головка рельса и, соответственно, вся путевая структура, будут обесточенными.

Трассы СТС легко совмещается с линиями электропередач, с ветряными и солнечными электростанциями, с линиями связи, в том числе оптико-волоконными.

Струны СТС выполняются из высокопрочной стальной проволоки диаметром 1..5 мм каждая. Струны собираются в пучок и размещаются с минимально возможным провесом внутри пустотелого рельса (рис. 15.21).

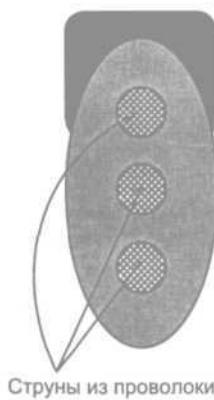


Рис. 15.21. Устройство струны-рельса

Рельс монтируется таким образом, чтобы после фиксации струн путем заполнения полости рельса твердеющим заполнителем, например, на основе цемента или эпоксидной смолы, головка рельса оставалась идеально ровной. Поэтому головка, по которой и будет двигаться колесо транспортного модуля, не имеет провесов и стыков по всей своей длине.

Наибольшее количество в СТС будет промежуточных опор, которые устанавливаются через 25... 100 м. СТС спроектирована таким образом, чтобы промежуточные опоры испытывали преимущественно только вертикальную нагрузку, причем незначительную — 25 тонн при пролете 50 м.

Примерно такую же нагрузку испытывают опоры высоковольтных линий электропередач, поэтому они конструктивно и по материалоемкости близки друг к другу. Максимальные горизонтальные нагрузки на всей трассе испытывают только две концевые анкерные опоры (на них действует односторонняя нагрузка): 1000 тонн для двухпутной и 500 тонн для однопутной трассы.

СТС спроектирована с очень жесткой путевой структурой. Например, при пролете 50 м абсолютный статический прогиб пути от сосредоточенной нагрузки в 5000 кгс, размещенной в середине пролета, составит всего 12,5 мм или 1/4000 от длины пролета. Для сравнения: современные мосты, в том числе и для скоростных железных дорог, проектируют с допустимым относительным прогибом, в десять раз большим — 1/400. Динамический прогиб пути СТС под действием подвижной нагрузки будет еще ниже — до 5 мм, или 1/10 000 пролета. Такой путь будет для колеса транспортного модуля более ровным, чем, например, дно соляного озера, где, как известно, в конце XX века автомобиль впервые преодолел скорость звука — 1200 км/час.

Предельную скорость в СТС будет ограничивать не ровность и динамика колебаний пути, не проблемы во фрикционном контакте «колесо — рельс», а аэродинамика. Поэтому вопросам аэродинамики в СТС уделено особо пристальное внимание. Получены уникальные результаты, не имеющие аналогов в современном высокоскоростном транспорте, в том числе и в авиации. Коэффициент аэродинамического сопротивления модели пассажирского экипажа, измеренный при продувке в аэродинамической трубе, составил величину $C_x = 0,075$. Намечены меры по уменьшению этого коэффициента до $C_x = 0,05...0,06$. Благодаря низкому аэродинамическому сопротивлению двигатель мощностью 80 кВт обеспечит скорость движения двадцати местного экипажа в 300...350 км/час, 200 кВт — 400...450 км/час, 400 кВт — 500...550 км/час. При этом механические и электромеханические потери в СТС будут невелики, так как КПД стального колеса составит 99 %, мотор-колеса в целом — 92 %.

Надежность путевой структуры и опор СТС как строительной конструкции будет на уровне надежности висячих и вантовых мостов, так как они конструктивно очень близки друг к другу, при этом струны в СТС значительно лучше защищены от климатических и механических воздействий, чем канаты мостов.

В экономическом плане можно отметить, что при серийном производстве стоимость обустроенной двухпутной трассы СТС с инфраструктурой (вокзалы, станции, грузовые терминалы, депо и т. д.) составит, млн. USD/KM: 1,0...1,5 — на равнине, 1,5...2,5 — в горах, 1,5...2,5 — на морских участках при размещении трассы над водой и 5...8 при размещении в подводной или подземной трубе-тоннеле.

Транспортный модуль конструктивно проще легкового автомобиля, поэтому при серийном производстве его стоимость будет на уровне стоимости микроавтобуса — 20...40 тыс. долларов США, или на одно посадочное место — 1...2 тыс. долларов США/место (для двадцати местного электромодуля). Для сравнения приводим относительную стоимость подвижного состава в других скоростных системах: самолет — 100...200 тыс. долларов США/место, поезд на магнитном подвесе — 100...200 тыс. долларов США/место, высокоскоростная железная дорога — 20...30 тыс. долларов США/место.

Таким образом, технико-экономические и экологические характеристики предлагаемого вида транспорта чрезвычайно привлекательны:

1. Для прокладки струнных трасс потребуется незначительное отчуждение земли (в 150...200 раз меньше, чем для автомобильных и железных дорог). Отпадает необходимость в устройстве насыпей, выемок, тоннелей, в вырубке лесов, сносе строений, поэтому СТС легко внедряется в городскую инфраструктуру и реализуема в сложных природных условиях: в зоне вечной мерзлоты, в горах, болотистой местности, пустыне, в зоне водных препятствий (реки, озера, морские проливы, шельф океана и др.).
2. Повышается устойчивость коммуникационной системы к стихийным бедствиям (землетрясения, оползни, наводнения, ураганы), неблагоприятным климатическим условиям (туман, дождь, гололед, снежные заносы, пыльные бури, сильные жара и холод и т. п.).
3. СТС экологически чище, экономичнее, технологичнее, безопаснее любой другой известной скоростной транспортной системы.
4. Благодаря низкой материоемкости и высокой технологичности трассы СТС будут дешевле обычных (в 2...3 раза) и скоростных (в 8... 10 раз) железных дорог и автобанов (в 3...4 раза), монорельсовых дорог (в 2...3 раза), поездов на магнитном подвесе (в 15...20 раз), поэтому проезд по СТС будет самым дешевым — 5...8 долларов США/1000 пасс. км и до 2...5 долларов США/1000 тонно • км.
5. СТС может строиться как технологические и специализированные трассы, грузовые, пассажирские и грузопассажирские транспортные линии; низкоскоростные (до 150 км/час), среднескоростные (150...300 км/час) и высокоскоростные (свыше 300 км/час) магистрали. Пропускная способность двухпутной трассы до 500 тыс. пасс/сутки и до 1 млн тонн грузов/сутки. По пропускной способности заменит современный нефтепровод, причем трасса СТС будет дешевле, а себестоимость транспортировки нефти будет в 1,5...2 раза ниже, чем по нефтепроводу. СТС могут обеспечить вывоз мусора за пределы мегаполисов; доставку руды из карьеров на обогатительную фабрику; транспортировку угля к тепловой электростанции; транспортировку нефти от месторождения к нефтеперерабатывающему заводу; поставку в большом объеме — порядка 100 миллионов тонн в год — высококачественной природной питьевой воды в густонаселенные регионы мира на расстояние 5... 10 тысяч километров и т. п.

6. Например, общий объем затрат для трассы СТС Париж (Лондон) — Москва составит 5,7 млрд долларов США (протяженность трассы 3110 км), из них 5,2 млрд долларов США — на трассу и инфраструктуру, а 0,5 миллиарда долларов США — на подвижной состав. Через 5—7 лет трасса, введенная в строй, начнет окупаться. Себестоимость проезда из Москвы в Париж при этом составит 32 долларов США/пасс, время в пути — 7 час 10 мин (расстояние 2770 км, расчетная скорость движения 400 км/час). Через 10 лет эта струнная магистраль будет давать в среднем около 2 млрд долларов США в год чистой прибыли.

Могут быть предложены десятки вариантов прокладки струнных трасс (см. например, рис. 15.22 и рис. 15.23), важных практически для всех континентов и стран мира.

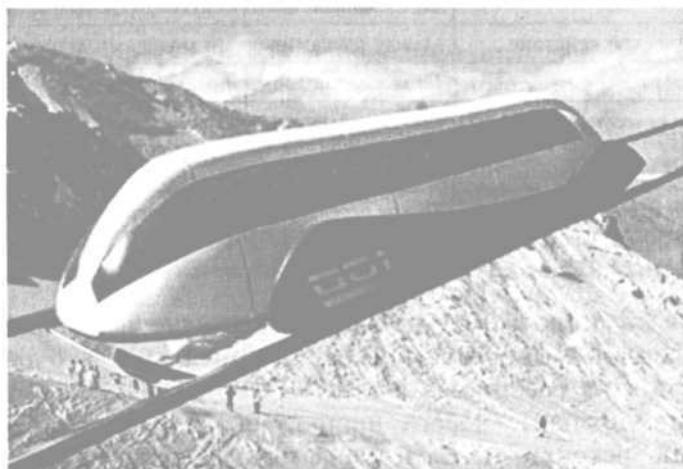


Рис. 15.22. Струнная транспортная система в горах

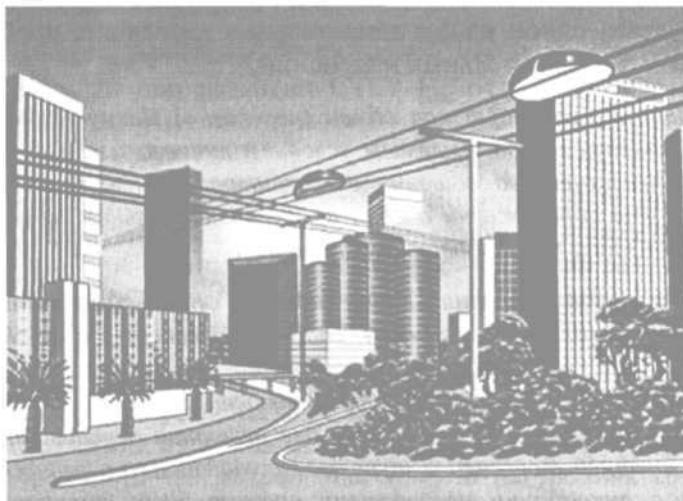


Рис. 15.23. Струнная транспортная система в городе

В СТС реализованы следующие принципы ТРИЗ (рис. 15.24).

№	Принцип	Применение
02	Предварительное действие	Вокзалы СТС находятся прямо в центре города в отличие, например, от аэропортов
03	<i>Дробление</i>	<i>Вместо тяжелых энергоемких поездов — небольшие высокоскоростные модули</i>
04	<i>Замена механической среды</i>	<i>Улучшение механической структуры — повышение ровности пути</i>
05	<i>Вынесение</i>	<i>Вся дорога вынесена вверх над домами и землей! Или вниз — под землю или под водой!</i>
06	Использование механических колебаний	Частота собственных колебаний струны доведена до предельно высоких значений для уменьшения времени затухания колебаний
08	Периодическое действие	Между пассажирскими модулями движутся грузовые
11	<i>Наоборот</i>	<i>Не тяжелые поезда и насыпные дороги,</i>
12	<i>Местное качество</i>	<i>Струнный рельс идеально ровный; трасса может проходить по прямой между соединяемыми пунктами на оптимальной высоте</i>
19	<i>Переход в другое измерение</i>	<i>Трасса перенесена вверх по координате высоты!</i>

Рис. 15.24. Применение некоторых ТРИЗ-Приемов в изобретении СТС

Применение СТС позволит: кардинально сократить число авиационных маршрутов на расстояния до 2000 км, сохранив самолеты только для трансокеанских перелетов и на расстояния свыше 2000 км; кардинально изменить нагрузку на автомобильные дороги и снять проблему пробок на автобанах; принципиально реконструировать (сократить) и реструктурировать систему железных дорог, сохранив их только для крупных грузовых артерий.

Наше повышенное внимание к развитию транспорта обусловлено тем, что транспорт является одной из фундаментальных назревших проблем, требующих немедленных и решительных изменений.

Коммуникации или транспорт как обмен (перевозка) материальных и человеческих ресурсов является неотъемлемым условием личного и общественного блага; это средство человеческого общения в территориальном и интеллектуальном пространстве; это образ жизни и одна из фундаментальных ценностей культуры, показатель уровня цивилизованности страны.

Неудовлетворительное состояние транспортной сети ведет к нарушению нормального функционирования экономики, спаду производства в смежных отраслях народного хозяйства, неоправданным потерям времени и материальных ресурсов, сокращению рабочих мест, повышению стоимости товаров и услуг, снижению уровня жизни населения и возможностей для развития образования и культуры, сдерживанию внешней торговли и туризма, ухудшению экологической ситуации, затруднениям в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, повышению смертности населения.

Практикум к разделам 14–15

35. Автомобиль. Примените мета-модели «Полиэкран» и «Моно — Би / Поли — Моно», «Метод интеграции альтернативных систем» и «Линии системо-технического развития».

35.1. Знаете ли Вы альтернативные источники энергии для автомобиля? Например, маховики профессора Гулия, двигатели на сжатом воздухе, водородные двигатели... Продолжите этот список.

35.2. Можете ли Вы предложить более экономичный двигатель с использованием иных физико-технических эффектов, например, пьезо-электрического.

35.3. Альтернативы развития модуля (модулей) СТС А. Юницкого:

- кабина для перенесения людей или грузов;
- платформа для перенесения легкового автомобиля вместе с пассажирами;
- интегрированный модуль-автомобиль, который сам въезжает на рельсы СТС, движется по СТС, а затем съезжает и перемещается как обычный автономный автомобиль;
- предложите собственные решения!

Каким может быть идеальный автомобиль, если при использовании СТС отпадет необходимость ездить на автомобиле на расстояния, например, более 100 км со скоростью выше 50 км/час?

36. Железная дорога и автобаны. Что может измениться в работе этих транспортных магистралей при развитии СТС? Не останутся ли они только для грузового транспорта? Примените мета-модели «Полиэкран» и «Метод интеграции альтернативных систем».

37. Воздушный транспорт. Безопасность! Экологичность! Экономичность! Где альтернативы? Действительно ли нужны гиперзвуковые авиалайнеры для перелета Москва — Сан-Франциско или Париж — Сидней на высоте 30 км со скоростью 10 000—12 000 км/час за 2 часа? Или «Цеппелины» больше подходят для будущего?

38. Транспорт в городе. Что лучше — вагоны на 100—200 человек или индивидуальные транспортные устройства? Самодвижущиеся тротуары и дороги или индивидуальные легкие летательные аппараты? Дороги в городе: под землей, на земле, на уровне 10—20 метров, над домами на уровнях 20—100 метров? Не забудьте о возможности параллельного существования старых и новых систем.

39. Транспортировка нефти. Катастрофы с нефтеналивными танкерами. Катастрофы с трубонефтепроводами. Известны танкеры с модулями для перевозки грузов — это решение проблемы безопасности и экологичности? Является ли идея СТС идеальным решением для полного отказа от наземных трубонефтепроводов? Можно ли рассмотреть совместно идеи модульных танкеров и модульности СТС?

40. Вода. Где взять неограниченно много чистой и полезной воды?

41. Леса. Пришествие компьютера не уменьшило, а увеличило расход бумаги и уничтожение лесов — легких планеты. Ограничивать объемы газет и количество издаваемых газет? Перестать печатать книги? Не применять бумагу для упаковки? Или... Продолжите изобретать в более конструктивном духе.

42. Электроэнергетика. Над Землей так много солнечной энергии! И так много энергии содержится в ядерном синтезе! Так много электрической, тепловой и кинетической энергии в атмосфере и океанах Земли! А на Земле все еще не хватает энергетических ресурсов. И атмосфера Земли продолжает загрязняться и перегреваться от сжигания полезных ископаемых, и прежде всего, нефти, только для получения энергии!

43. Жилище в городе. Недопустимый шум. Пыль. Транспортные проблемы. Отсутствие связи с живой Природой. Зависимость от соседей. Где и как может обустраивать свое жилище человек ближайшего будущего? В частности, допустите, что перемещение в центр метрополии и из него в радиусе 100 км будет занимать не более одного часа. Еще одно небольшое допущение — жизнь вместе с природой!

Тактика изобретения

Машины развиваются постоянно, и потому в изобретательских задачах никогда нет недостатка.

Суть ТРИЗ в том, что она принципиально меняет технологию производства новых технических идей.

Вместо перебора вариантов ТРИЗ предлагает мыслительные действия, опирающиеся на знание законов развития технических систем⁷⁴.

Генрих Альтшуллер

⁷⁴ Из работ Г. Альтшуллера 1973 и 1986 гг. (О.М.).

16. Диагностика проблемы

16.1. Типы проблемных ситуаций

Выявление и решение конструкторско-технологических проблем с острыми физико-технологическими противоречиями всегда происходит при наличии определенной стратегической цели. Это могут быть цели устранения дефектов при производстве продукции, цели модернизации самой продукции, цели создания перспективных конкурентоспособных идей и т. д.

Практика поставляет инженеру непрерывный поток более или менее сложных задач, требующих как немедленного решения, так и осторожного продумывания на будущее.

Поэтому при появлении некоторой проблемы следует, по крайней мере, определить ее значимость, необходимый срок для решения, допустимые инвестиции на поиск решения и ряд других вопросов.

Мы можем исходить из того (рис. 16.1), что на каждом предприятии применяются определенные методы и модели анализа качества продукции (и технологий), например, на базе методологии Total Quality Management (TQM). Также мы исходим из того, что создание изменений поддерживается определенными средствами автоматизации проектирования, моделирования и испытаний, входящими в состав средств Computer Aided Engineering (CAE) и использующими определенные методы системы Innovation Design Management (IDM), дополненной методами TRIZ/ CROST – Technologie. В этом случае улучшение продукции (производства) осуществляется путем непрерывного создания инноваций на основе цикла: TQM показывает, что нужно улучшить, а IDM показывает, как это сделать.



Рис. 16.1. Взаимодействие систем анализа качества и управления развитием

Краткий анализ проблемной ситуации должен включать тактические вопросы по оценке сложности проблемы и выбору способа ее решения.

Если на предприятии не проводится постоянный анализ качества продукции (производства), то постановки задач часто даются в расплывчатой форме, неточно и неполно. Поэтому необходимо правильно определять хотя бы степень полноты исходного описания и характер проблемной ситуации.

В школе ТРИЗ были сформулированы признаки для ориентировочного определения типа проблемной ситуации. Все проблемные ситуации были разделены на 6 типов (рис. 16.2) в зависимости от состава и полноты описания признаков ситуации на основе «матрицы Квинтиллиона» (рис. 4.1).

Тип проблемной ситуации			Социальная	Социально-производственная	Производственно-технологическая	Конструкторско-технологическая	Конструкторско-исследовательская	Научно-исследовательская
			(с)	(сп)	(пт)	(кт)	(ки)	(ни)
1	Кто?	Субъект	+	+			(+)	(+)
2	Где?	Место		+	+	+	+	+
3	Что?	Объект			+	+	+	+
4	Когда?	Время				+	+	+
5	Как?	Способ				+	+	+
6	Чем?	Средство					+	+
7	Зачем?	Цель (или причина)						+

Рис. 16.2. Типы проблемных ситуаций

Описание ситуации социального типа (с) включает в себя проблемы экономики, планирования, управления, рекламы, маркетинга, образования и так далее без упоминания конкретной технической системы. В формулировках проблем присутствуют в основном субъекты ситуации, а проблемные противоречия относятся к отдельным людям или к группам людей. Например: Предложите мероприятия по повышению творческой активности работников предприятия. Часто такие задачи пытаются решать экономико-социальными методами, хотя в основе могут лежать технические проблемы, связанные, например, с технической оснащенностью рабочих мест.

Ситуация социально-производственного типа (сп) дополняется указанием места конфликта и включает проблемы качества продукции, вопросы экологии и безопасности труда и так далее. Рассмотрим исходные ситуации и их разрешение на «старинном» ТРИЗ-примере.

Пример 113 (начало). Закалочная ванна. Предложите способ очистки воздуха в цехе термообработки. Основной признак — конфликт между человеком и

производственной системой. В этой постановке также отсутствует указание на причину проблемы в виде технической системы.

Описание производственно-технологического типа (пт) уже включает технические объекты и проблемы их функционирования, связанные с несоответствием технологических, эксплуатационных и физико-химических параметров системы требуемым значениям (дефекты, аварии, высокий расход энергии и материалов, появление вредных факторов).

Пример 113 (продолжение 1). В цехе термообработки на участке закалки при опускании в масляную ванну крупногабаритной детали выделяется много вредного дыма; предложите способ очистки атмосферы цеха. Основным недостатком таких постановок является ошибочное принятие следствия за причину. Здесь явно присутствует только административное противоречие, в то время как для практического решения проблемы нужно получить техническое или физическое противоречие.

Ситуация конструкторско-технологического типа (кт) включает постановку проблемы развития существующей технической системы. Характерным признаком такой ситуации является наличие явной формулировки технического противоречия.

Пример 113 (продолжение 2). При ускоренном опускании крупногабаритной детали в масляную закалочную ванну выделяется меньше дыма, но нарушается режим закалки. Вполне четко указано, где, что и когда происходит, но не ясно, как решить проблему. Конечно, такой информации может быть также недостаточно для решения задачи, но сама постановка уже вполне конструктивна и может служить основой для попыток решить проблему на уровне технического противоречия, а также для дальнейшего изучения условий возникновения проблемы, то есть для выяснения физических причин проблемы.

Ситуация конструкторско-исследовательского типа (ки) возникает при постановке проблемы синтеза новой системы или при необходимости понять и изучить физические процессы в оперативной зоне проблемы. То есть здесь далеко не ясно, с помощью каких средств (ресурсов) и как можно решить поставленную проблему.

Пример 113 (продолжение 3). В закалочной ванне во время погружения крупногабаритной детали происходит возгорание масла; как устраниТЬ это явление? Здесь сразу присутствует физическое противоречие, например, в таком виде: масло должно соприкасаться с раскаленной деталью (что требуется для закалки) и масло не должно соприкасаться с раскаленной деталью (чтобы температура масла не достигла температуры возгорания). Или в таком виде: масло не должно соприкасаться с кислородом воздуха (чтобы не загораться) и масло должно соприкасаться с кислородом воздуха (так как масляная ванна открыта, чтобы в нее можно было опускать деталь). Теперь для решения проблемы могут быть применены приемы, стандарты и фонд научно-технических эффектов.

Наконец, если проблема для своего решения требует приобретения новых знаний о природе физико-химических процессов в технической системе, то

имеет место ситуация научно-исследовательского типа (ни). Основной признак: несоответствие между известными (ожидаемыми) и получаемыми (реальными) результатами при реализации в технической системе какого-либо физико-химического процесса. Например: Предложите способ закалки крупногабаритных деталей без охлаждения в масляной ванне. Ко всем вопросам здесь добавляется необходимость узнать причины, истоки тех или иных явлений, определить возможные цели их использования. Характерно также, что часто постановки проблем в таких ситуациях снова сближаются с проблемными ситуациями социального типа, так как отсутствие специального знания обнаруживается в социальной системе — в системах научных исследований или в системе образования.

Треугольником в таблице на рис. 16.2 показана область преимущественного применения методов классической ТРИЗ.

Для правильного анализа проблемной ситуации необходимо ответить на вопросы, которые приведут к формированию технического или физического противоречия. Это поможет избежать нерациональных затрат времени и других ресурсов на разрешение проблемной ситуации, тем более, что это открывает возможность полного использования инструментария ТРИЗ.

16.2. Алгоритм диагностики проблемной ситуации

Главной целью диагностики является определение оперативной зоны и постановка связанной с ней конкретной задачи. Этап диагностики должен предшествовать всякой постановке задачи, однако как раз это простое правило далеко не всегда выполняется или выполняется неверно. Наиболее часты ошибки, когда к решению проблемы приступают, не получив точной формулировки противоречия. Также нередки случаи неверного определения причин проблемы. И еще одна типичная ошибка состоит в попытках решить задачу, которая на самом деле включает в себя несколько взаимосвязанных задач.

Перед диагностикой полезно применить процедуры неалгоритмического «расстряхивания» проблемной ситуации (см. разделы 18 и 19). Это помогает ослаить привычные (неточные, неполные, недостоверные) представления о проблеме и подготовить мышление к выдвижению нетривиальных функциональных идеальных моделей, к определению достоверных причин проблемы, моделей противоречий и ресурсов в оперативной зоне.

Для правильной диагностики проблемной ситуации полезно придерживаться определенной схемы, называемой здесь Алгоритмом диагностики проблемной ситуации. Эта схема (рис. 16.3) включает ряд процедур, выполнение которых в совокупности существенно повышает качество анализа исходной ситуации и готовливает мышление к дальнейшим конструктивным действиям с помощью инструментов ТРИЗ. Опытные специалисты могут пропускать какие-то процедуры, но в целом схема соответствует оптимальной организации диагностики проблемы.

Алгоритм диагностики проблемной ситуации	
Номер и условное название шага	Описание основных процедур
1 Цель	Определение целей развития системы на основе функционально-стоимостного анализа (или другими методами) и сопоставления с законами и линиями развития систем (см. разделы 14–15)
2 Система	Построение системно-функциональной модели конкретного конфликта для определения его истоков (оперативных зон — см. ниже в этом разделе)
3 Противоречия и оперативные зоны	Предварительное определение множества технических или физических противоречий и множества соответствующих оперативных зон
4 Ресурсы	Предварительное определение ресурсов в выбранных оперативных зонах, в системе и в системном окружении
5 Мета-стратегия	Выбор Мета-стратегии решения проблемы для каждой оперативной зоны (см. раздел 14.1, рис. 14.4)
6 Ранжирование задач	Ранжирование оперативных зон по сложности содержащихся в них проблем и установление порядка решения задач (рекомендации см. ниже в этом разделе)
7 Задачи	Краткая формулировка по одной конкретной задаче для каждой оперативной зоны и переход к этапу редукции

Рис. 16.3. Рекомендуемые процедуры для диагностики проблемной ситуации

На шаге 1 проводится общая диагностика системы с целью определения компонентов системы, подлежащих усовершенствованию или устранению — на основании функционально-стоимостного анализа, либо на основании сопоставления уровня развития технической системы и ее компонентов с законами и линиями развития систем, либо на основании иных способов оценки эффективности компонентов.

Пример 113 (продолжение 4). Ранее для устранения возгорания масла пытались закрывать ванну крышкой с отверстием точно по габаритам детали. Однако, для деталей разных размеров приходилось изготавливать новые крышки. Здесь видно, что решение опиралось на нединанизированную часть (крышку) в противоречии с законом 3.1. Согласование ритмики частей системы, а также на самую низкую позицию на линиях развития инструмента (рис. 15.13) и вещества (рис. 15.14).

На шаге 2 для сложных узлов и, разумеется, для всей системы в целом, могут строиться так называемые системно-функциональные модели конфликта.

Целью такого моделирования является определение компонентов (или функций и действий), которые одновременно участвуют в создании позитивных и негативных функций. Такие компоненты называются оперативными и будут включены в состав соответствующих оперативных зон.

Пример 113 (продолжение 5). В состав компонентов, принимаемых во внимание в данной конфликтной ситуации, входят: изделие, масло, дым, воздух. Всю схему взаимодействия этих компонентов полезно представлять графически (рис. 16.4).

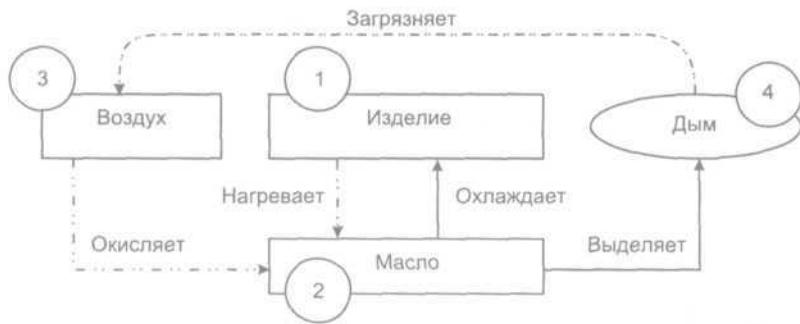


Рис. 16.4. Системно-функциональная модель конфликта для примера 113

Здесь масло, воздействуя на поверхность изделия, постепенно охлаждает его. Однако под воздействием высокой температуры на поверхности изделия и в присутствии кислорода воздуха масло загорается и выделяет дым. Дым загрязняет воздух.

Для целей диагностики могут строиться и более подробные схемы, например, с учетом того, что масло состоит из двух частей — общая масса и узкий пограничный слой, непосредственно контактирующий с высокотемпературной поверхностью изделия. Именно этот пограничный слой быстро нагревается, а затем загорается в присутствии кислорода воздуха, выделяя продукты сгорания в виде дыма.

На шаге 3 нужно сформулировать противоречия взаимодействия компонентов, включенных в системно-функциональную модель, и сформулировать описания оперативных зон, связанных с полученными противоречиями.

Пример 113 (продолжение 6). В зависимости от уровня физико-химического исследования компонентов могут быть рассмотрены разные процессы и в соответствии с этим построены разные модели противоречий. Мы будем придерживаться макро-уровня, представленного на рис. 16.4. Для этой схемы могут быть сформулированы, например, следующие версии противоречий.

Техническое противоречие (вариант 1): закалка изделия в масле улучшает качество изделия, но загрязняет воздух из-за появления дыма.

Техническое противоречие (вариант 2): погружение раскаленного изделия в масло нужно для закалки изделия, но приводит к возгоранию масла, что имеет следствием загрязнение воздуха продуктами горения.

Для одной и той же системно-функциональной схемы модели противоречия могут быть представлены отличающимися описаниями. Нужно стремиться отразить в моделях противоречий главные позитивные и негативные функциональные свойства: раскаленное изделие, качество (закалка) изделия, возгорание масла. Поэтому второй вариант предпочтительнее.

Физическое противоречие (вариант 1): масло должно гореть в присутствии кислорода воздуха и при высокой температуре поверхности изделия и не должно гореть, так это загрязняет воздух.

Физическое противоречие (вариант 2): масло должно нагреваться, чтобы забирать тепло от изделия и охлаждать его, и не должно нагреваться, чтобы не было возгорания.

Физическое противоречие (вариант 3): кислород должен быть в воздухе, так как это определено природным составом воздуха, и кислород не должен быть в воздухе, чтобы масло не загоралось.

Физическое противоречие (вариант 4): дым должен быть в воздухе, так как он является продуктом горения масла, и дым не должен быть в воздухе, чтобы воздух не загрязнялся.

Физическое противоречие должно отражать физико-химические свойства процесса, связывающие его с позитивной и негативной функциями для данной проблемной ситуации. Нельзя, например, записать такое противоречие: изделие должно быть раскаленным, чтобы произошла закалка, и не должно быть раскаленным, чтобы масло не загоралось. Практически эта модель ориентирует на смену способа закалки и на смену задачи, что неприемлемо в данной ситуации, так как требуется сохранить принцип закалки в масле.

Существование нескольких альтернативных моделей на этапе диагностики не должно восприниматься как недопустимая ситуация. Более точные формулировки будут отрабатываться на этапе редукции. Однако, следует иметь в виду, что разные формулировки противоречий могут приводить к разным функциональным идеальным моделям, и следовательно, к разным направлениям поиска решения.

Пример 113 (продолжение 7). На этом простом примере нетрудно видеть, что с физическим противоречием по второму варианту связаны компоненты 1 и 2, с физическим противоречием по третьему варианту связаны компоненты 2 и 3, а с физическим противоречием по четвертому варианту — компоненты 3 и 4. Структурные модели для каждой из оперативных зон приведены на рис. 16.5.



Рис. 16.5. Оперативные зоны для проблемной ситуации из примера 113

На шаге 4 нужно предварительно оценить ресурсы, находящихся в каждой из выделенных оперативных зон. Это может повлиять на оценку сложности задач, содержащихся в оперативных зонах.

Анализ можно проводить на основе таблицы выбора ресурсов (раздел 8.2, рис. 8.7 и 8.8). Здесь мы дадим упрощенные оценки.

Так для оперативной зоны а) потенциально полезными ресурсами являются: размеры и скорость опускания детали, размеры и форма ванны, расположение ванны в цехе, возможность вынесения ванны из цеха.

Для второй оперативной зоны б): то же, что и для а) плюс возможность введения присадок в масло, снижающих его способность к окислению, возможность создания бескислородной атмосферы или вакуума в оперативной зоне.

Для третьей оперативной зоны с): то же, что и для а).

На шаге 5 нужно ориентировочно определить характер задач и предполагаемые Мета-стратегии для их решения.

Пример 113 (продолжение 8). Так, для оперативных зон а) и б) явно просматриваются исправительные задачи с Мини-стратегиями среднего уровня сложности, так как в оперативных зонах имеются или могут быть введены некоторые ресурсы, потенциально пригодные для решения задач. В оперативной зоне с) может быть сформулирована исправительная задача по Мини-стратегии с наименьшим уровнем сложности, так как известны и способ вытяжки грязного воздуха, и способ подвода чистого воздуха. В то же время постановка с) не исключает возможности создания далеко не тривиальных решений.

На шаге 6 нужно оценить сложность задач, находящихся в каждой оперативной зоне и установить определенную последовательность решения задач.

Пример 113 (продолжение 9). В данном случае по результатам диагностики мы ограничились тремя разными постановками задач.

Далеко не всегда легко заранее определить, какой из вариантов постановки окажется наилучшим для усовершенствования системы в целом.

Например, здравый смысл подсказывает, что поскольку решение по модели с) не устраняет причины возгорания масла, то оно выглядит недостаточно перспективным. Однако, это может быть очень недорогое решение (и даже не изобретательское), соответствующее Мини-стратегии, например, оборудование хорошей вытяжки. В то же время, мышление, свободное от стереотипов, могло бы рассмотреть возможности применения вредного дыма для выполнения какой-то полезной функции в этом процессе или в цехе.

Два других варианта примерно равнозначны, хотя вариант а) выглядит несколько проще, но только потому, что предполагается найти решение, не углубляясь в физико-химические особенности процесса горения, как это может потребоваться в оперативной зоне б). С другой стороны, решения на уровне вещества обычно самые эффективные в долгосрочной перспективе, что и отражено в линиях развития инструмента и вещества.

В целом рекомендуются следующие правила:

- 1) сначала решаются задачи с техническими противоречиями, а потом — с физическими;
- 2) сначала решаются более простые задачи, потом более сложные — на простых задачах можно лучше подготовиться к решению более сложных, так

как есть надежда увидеть проблему в целом или обнаружить скрытые осложнения;

- 3) первой выбирается задача, решение которой могло бы устраниТЬ сразу несколько проблем (такая задача называется ключевой или корневой — в современной ТРИЗ имеются рекомендации по выявлению таких задач).

Для определенности примем, что первой будет решаться задача для оперативной зоны с), затем для зоны а), а затем для зоны б).

На шаге 7 нужно сформулировать уточненные постановки задач для каждой оперативной зоны.

Пример 113 (продолжение 10, а далее см. Практикум к разделам 16–17). В системе, включающей изделие, масло, ванну и воздух, нужно устранить с минимальными изменениями загорание масла при следующих вариантах постановок задач:

- для оперативной зоны с): при опускании раскаленной крупногабаритной детали в закалочную масляную ванну образуется дым, загрязняющий воздух;
- для оперативной зоны а): при опускании раскаленной крупногабаритной детали в закалочную масляную ванну пограничный слой масла, непосредственно соприкасающийся с поверхностью изделия, успевает нагреться до температуры возгорания и загорается;
- для оперативной зоны б): наличие кислорода воздуха в закалочной ванне приводит к возгоранию масла при соприкосновении с высокотемпературной поверхностью закаливаемой крупногабаритной детали.

Рассмотренный алгоритм диагностики дает необходимые основания для перехода к этапу редукции для точного моделирования противоречий, формирования идеальных функциональных моделей и тщательного анализа ресурсов. Далее решение идет в соответствии с этапами Мета-АРИЗ, причем возможно, что для отдельных задач нужно будет циклически повторить и некоторые процедуры или весь этап диагностики.

17. Верификация решения

17.1. Эффективность решения

Верификация является ответственным и непростым этапом. Это обусловлено почти невозможным требованием владеть самыми разнообразными знаниями, чтобы суметь предвидеть и полностью оценить качество решения и последствия применения найденной идеи. Сколько драматических судеб изобретателей связано как с переоценкой своих идей, так и с их недооценкой! В первом случае изобретатели фанатично сражались за признание своей идеи, либо недостаточно обоснованной, либо неэффективной, а иногда и просто надуманной и ненужной. Во втором случае изобретатели упускали сильнейшие продолжения своих пионерских идей и не смогли развить их до практически реализуемых решений. Это сделали за них другие, ставшие впоследствии и известными изобретателями, и успешными предпринимателями.

Ориентация на Идеальный конечный результат, на Функциональную идеальную модель (см. раздел 9.2) сразу отсекает неэффективные варианты и связанный с их поиском перебор и ориентирует на выход в область существования сильных, то есть высокоэффективных решений. Однако, многие инженеры, не знающие ТРИЗ, склоняются от решения проблем с острыми физико-техническими противоречиями и легко соглашаются платить за требуемую функцию каким угодно расходом энергии, вещества, информации; неудобствами производства, эксплуатации, утилизации; неэкологичностью и так далее. Традиционное инженерное мышление недостаточно ориентировано и на эффективное использование ресурсов при решении технико-технологических проблем.

Высокоэффективное решение непременно должно улучшать показатели качества системы за счет увеличения веса позитивных факторов и уменьшения веса негативных факторов (раздел 14.2 «Идеальная машина»). При небольших конструкторских изменениях выявить последствия решений сравнительно нетрудно. Особенно, если для этого имеются хорошо отработанные математические имитационные модели в CAD-системах. Однако, при создании изобретательского решения дело обстоит не так просто. Во-первых, любая идея до завершения этапа Верификация по Мета-АРИЗ рассматривается только лишь как гипотеза об усовершенствовании технической системы. Это означает, что эта идея еще не проходила конструкторскую проработку. В лучшем случае идея только обсуждается вместе с конструкторами, если они участвуют в работе изобретательской команды. Но

еще чаще над поиском решения работает один специалист, нередко по собственной инициативе, и поэтому он не имеет необходимой поддержки специалистов другого профиля. Во-вторых, применение CAD-систем еще невозможно, так как для нового решения нужно построить адекватную математическую модель, а это требует немалого времени и, возможно, дополнительных математических исследований.

И все же для верификации идеи решения в ТРИЗ были выработаны некоторые практические рекомендации, помогающие избежать серьезных ошибок в оценке качества решения. В эти рекомендации входят следующие проверки.

Правило исключения противоречия. Необходимым признаком эффективного решения является устранение противоречия как причины проблемы.

Для проверки выполнения этого условия достаточно сравнить два описания «Было» и «Стало» и в самом общем виде составить заключение о том, разрешено ли и каким именно образом разрешено противоречие, которое и было причиной существования проблемы. Проверка должна осуществляться для каждой альтернативы технического противоречия или для каждого конфликтующего состояния физического противоречия.

Правило выявления сверхэффектов. Это правило ориентирует на поиск непредвиденных качественных и количественных изменений, которые могут появиться в новом функционировании.

При внесении изменений мы меняем свойства компонентов (элементов, деталей, узлов, подсистем, систем, изделия в целом). Свойства компонентов описываются параметрами. Для количественных изменений характерны линейные оценки типа «больше» или «меньше». Если свойство имеет качественный характер, например, форма, цвет или удобство применения, либо при вносимых изменениях наступают изменения в свойствах, то говорят о качественных изменениях (нелинейных, меняющих сами свойства объекта). При качественном изменении у объекта обязательно появляются новые свойства, причем исчезновение каких-то свойств в системном смысле тоже есть появление нового свойства. При этом, если новое свойство не являлось прямой целью создания изобретения, то оно называется сверхэффектом (еще раз посмотрите определение в разделе 14.2). К сожалению, могут возникать не только позитивные сверхэффекты, но и негативные сверхэффекты.

Ввиду особой важности методика поиска сверхэффектов оформлена в виде Алгоритма верификации решения и приводится ниже в разделе 17.3.

Правило проверки осуществимости. В полной мере оценить все свойства идеи можно лишь на практике. Многое можно проверить на опытных образцах, макетах и путем математического моделирования. Но все это происходит позже, когда сама идея уже принята по крайней мере для конструкторской проработки. Это правило ориентирует на предварительную оценку идей решения на непротиворечивость основным физическим и техническим законам. Например, до сих пор встречаются попытки изобрести «вечный двигатель» — Perpetuum Mobile.

При выполнении этого правила могут выявляться скрытые ранее проблемы, требующие создания новых изобретательских решений.

Правило проверки применимости. Это правило ориентирует не останавливаться на конкретном применении полученной идеи, а рассмотреть возможности ее развития или перенесения на другие системы и в другие области техники. Следование этому правилу также может приводить к выявлению и решению новых изобретательских задач.

Правило проверки новизны. Правило предусматривает исследование патентного фонда и технической литературы для проверки степени новизны полученного решения. Это необходимо в случае предполагаемого патентования идеи решения.

Правило проверки метода. Правило рекомендует проверить, не является ли новым сам способ решения проблемы. В этом случае можно пополнить Ваш инструментарий новым способом, внести его в ТРИЗ-Каталоги или оформить каким-то иным образом.

17.2. Развитие решения

Для развития самого технического решения и возможностей его применения могут быть использованы различные инструменты, из которых простейшими и весьма эффективными являются комбинаторные таблицы наподобие морфологической матрицы (раздел 4.2, рис. 4.5).

Приведем еще один «старинный» ТРИЗ-пример «Развитие магнитного фильтра».

Когда-то для очистки горячего газа от пыли использовали фильтры, сделанные из многих слоев металлической ткани. Газ должен свободно проходить сквозь ткань, а пыль должны застревать в ячейках ткани. Такие фильтры имели крупный недостаток: они быстро забивались пылью, от которой было трудно их очищать (продувкой воздуха в обратном направлении).

Был изобретен магнитный фильтр (рис. 17.1).

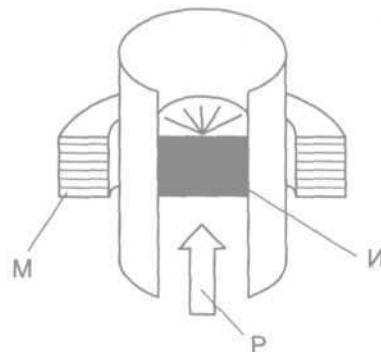


Рис. 17.1. Устройство магнитного фильтра

Пример 114. Магнитный фильтр. По формуле изобретения 1 (см. дальше табл. 17.2) между полюсами мощного электромагнита расположены ферромагнитные частицы (крупинки металла). Они образуют пористую массу, через которую пропускают запыленный газ. Пыль застrevает в порах. Освободить такой фильтр от пыли легко: достаточно отключить электромагнит. Фильтр «рассыпается», так как ферромагнитные частицы вместе с пылью упадут вниз, например, в промывочную ванну. Затем электромагнит включают, и фильтр из очищенных частиц «собирается» заново.

Построим структурную модель фильтра в виде формулы. По исходной версии снаружи находится магнитная система M , внутри ее — ферромагнитный порошок (рабочий орган или индуктор I), а внутри порошка — пыль (изделие или рецептор R) из потока запыленного газа. Значит, структуру можно записать в виде: **МИРРИМ**. Здесь R взято дважды для симметрии.

Первый прием трансформации — перестановка символов структурной формулы:

1. МИРРИМ,
2. ИМРРМИ,
3. РМИИМР,
4. МРИИРМ,
5. ИРММРИ,
6. РИММИР.

Получились ли здесь новые фильтры? Например, по схеме 5, сделанной как бы по принципу «наоборот» по отношению к схеме 1. Здесь магнит должен быть окружен порошком, сквозь который проходит газ.

Пример 115. Развитие магнитного фильтра. Для проверки подхода нашлось изобретение 2: электромагнитный фильтр для механической очистки газов и жидкостей, содержащий источник магнитного поля и фильтрующий элемент из зернистого магнитного материала, отличающийся тем, что, с целью снижения удельного расхода электроэнергии и увеличения производительности, фильтрующий элемент размещен вокруг источника магнитного поля и образует внешний замкнутый магнитный контур.

Полное соответствие схеме 5, но сделано это изобретение через 7 лет после изобретения 1!

Второй прием трансформации: изменение параметров компонентов структурной формулы.

Пример 116. Магнитный вентиль. Что будет, если магнитное поле плотнее со-жмет ферромагнитный порошок? Тогда через фильтр ничего не пройдет — ни пыль, ни газ, ни жидкость. Но ведь теперь фильтр превратился в вентиль! И по этой идеи было получено несколько патентов для регулирования потоков самых различных веществ, причем каждый раз другими авторами и с интервалами в годы!

Изобретатели не работали над развитием решения, они не замечали, что придуманные ими устройства могут иметь разнообразные варианты реализации и различные применения, все из которых являются изобретениями!

Третий прием трансформации: изменение структуры и параметров компонентов изобретения.

Здесь удобно применять морфологические матрицы. Например, можно построить матрицу (рис. 17.2), в которой учтем все 6 структурных компоновок и 5 состояний изделия.

Состояние изделия	Схема конструкции					
	МИРРИМ	ИМРРМИ	РМИИМР	МРИИРМ	ИРММРИ	РИММИР
Газ	1	2	3	4	5	6
Жидкость	7	8	9	10	11	12
Твердое тело	13	14	15	16	17	18
Порошок	19	20	21	22	23	24
Эластичное вещество	25	26	27	28	29	30

Рис. 17.2. Морфологическая матрица для идей развития магнитного фильтра

Исходный магнитный фильтр по изобретению 1 попадает в клетку 19: схема МИРРИМ, изделие — пыль (а это порошок!). Магнитный вентиль — клетки 1, 7 и 19.

Интересно посмотреть клетку 13: сквозь ферромагнитный порошок идет «поток» твердого вещества — например, протягивается проволока. Под действием магнитного поля порошок сдавливает проволоку, и она становится тоньше. Похожий процесс используется при изготовлении проволоки: заготовку протягивают через отверстия металлической плиты (фильтры). Сначала заготовка проходит через крупные фильтры, потом — через более и более маленькие, так что заготовка постепенно превращается в тонкую проволоку. Фильтры быстро изнашиваются. Но можно ли вместо плиты использовать магнитный порошок, сжимаемый полем в соответствии с клеткой 13? Такое изобретение 3 было сделано.

Пример 117. Бесфильтрное волочение проволоки. Способ бесфильтрного волочения стальной проволоки, включающий деформацию растяжением, отличающийся тем, что, с целью получения проволоки постоянного диаметра, необходимую деформацию осуществляют протягиванием проволоки через ферромагнитную массу, помещенную в магнитном поле.

Рассмотрим еще два примера.

Пример 118. Способ шлифования. Изобретение 4: способ шлифования поверхностей инструментом, выполненным в виде баллона из эластичного материала, отличающийся тем, что, с целью повышения качества обработки, в баллон вводят ферромагнитные частицы, а прижим инструмента осуществляют путем воздействия внешнего магнитного поля. Снаружи находится магнитное поле, внутри — баллон с эластичными стенками, в баллоне — ферромагнитный порошок. Схема МРИИРМ, клетка 28.

Пример 119. Способ распыления расплавов. Изобретение 5: способ распыления полимерных расплавов путем воздействия сжатого газа на поток расплава, отличающийся тем, что, с целью повышения дисперсности расплава, в расплав вводят ферромагнитный порошок, после чего расплав пропускают через зону действия знакопеременного магнитного поля. Снаружи находится магнитное поле, внутри — расплав полимера, а в нем — порошок. Схема МРИИРМ, клетка 10.

Перестановка компонентов дает 6 схем устройства, изменение состояния изделия — 5. Но вместе эти изменения дают 30 сочетаний (рис. 17.2). Во всех этих схемах магнитное поле и изделие перемещались относительно друг друга поступательно. А что будет, если ввести относительное вращение? И такое изобретение было создано.

Пример 120. Способ интенсификации процесса. Изобретение 6: способ получения неорганических пигментов, отличающийся тем, что, с целью повышения интенсивности, взаимодействие осуществляют во вращающемся магнитном поле в присутствии ферромагнитных частиц. Снова схема МРИИРМ, и если бы поле было не вращающимся, то изобретение 6 заняло бы клетку 22 в таблице 17.2. Но для схем с вращением магнитного поля нужно построить такую же таблицу, но с номерами клеток от 31 до 60. Тогда изобретение 6 заняло бы клетку 52.

Оказывается, что единственную исходную схему магнитного фильтра можно развернуть в 60 (!) различных схем. Но мало кто это заметил...

Поэтому в соответствии с ТРИЗ для каждого изобретения на этапе «Верификация» по Мета-АРИЗ рекомендуется искать возможности развития решения.

17.3. Алгоритм верификации решения

При поиске сверхэффектов фактически проводится исследование всех свойств нового решения. Именно поэтому методика получила такое обобщенное название как Алгоритм верификации решения (рис. 17.3). В свою очередь, именно выявление сверхэффектов имеет две важнейшие цели: определить возможности развития решения и исключить неоправданные затраты на дальнейшую разработку и попытки реализации неприемлемой идеи.

В качестве примера ниже приведены результаты верификации решения при модернизации газовой турбины в концерне СИМЕНС (см. раздел 12, Пример 84).

Пример 84. Газовая турбина концерна СИМЕНС (окончание). Проверка необходимого условия: сделан принципиально правильный шаг в направлении полного устранения основных физических противоречий. Проверка достаточных условий: результаты представлены в таблице на рис. 17.4 (точные данные принадлежат концерну СИМЕНС).

№	Процедуры
1	Построить структурную схему предлагаемого объекта
2	Определить функции компонентов всех уровней
3	Определить по структурной схеме потоки всех (или главных) ресурсов
4	Построить зависимости функций от параметров. Определить качественные и количественные свойства и функции
5	Указать новые введенные компоненты
6	Начиная от новых введенных компонентов, проследить изменения <i>по каждому из потоков ресурсов</i> для оценки изменения функций всех рангов вплоть до самого высокого ранга (главная полезная функция объекта)
7	Проверить характер изменения функций в предконфликтной, конфликтной и постконфликтной фазах <i>в оперативном времени</i> по старому решению
8	Проверить изменения <i>конструкционных ресурсов</i>
9	Проверить появление новых позитивных функций и свойств (<i>позитивных сверхэффектов</i>). Оценить их влияние на показатели эффективности объекта
10	Рассмотреть последствия появления позитивных сверхэффектов. Составить перечень изменений (позитивных и негативных) в окружении данного объекта, в способах его производства и эксплуатации на интервале его жизненного цикла
11	Рассмотреть возможности улучшения решения
12	Проверить появление новых негативных функций и свойств (<i>негативных сверхэффектов</i>). Оценить их влияние на показатели эффективности объекта
13	Рассмотреть последствия появления негативных сверхэффектов. Составить перечень изменений (позитивных и негативных) в окружении данного объекта, в способах его производства и эксплуатации на интервале его жизненного цикла
14	Рассмотреть возможности преодоления возникших недостатков. При необходимости, отклонить проверяемое решение, сформулировать новые изобретательские проблемы и вернуться к поиску новых идей

Рис. 17.3. Алгоритм верификации решения

№	Процедуры
5	Указать новые введенные компоненты: <i>по окружности рабочего пространства в корпусе турбины установлены 24 горелки.</i>
6	Оценка изменения функций всех рангов вплоть до самого высокого ранга (главная полезная функция объекта): <i>КПД вырос до 38,35 % вместо прежних 36 % ! Это очень большой успех!</i>
7	Проверить характер изменения функций в предконфликтной, конфликтной и постконфликтной фазах в оперативном времени по старому решению: <i>обеспечивается более равномерная нагрузка на лопатки</i>
8	Проверить изменения конструкционных ресурсов: <i>обнаружен сверхэффект — возможность выполнения турбины меньшего размера при прежнем КПД</i>
9	Проверить появление новых позитивных функций и свойств (<i>позитивных сверхэффектов</i>). Оценить их влияние на показатели эффективности объекта: <i>обнаружен особенно ценный сверхэффект — улучшение ремонтопригодности турбины, так как теперь ремонт любой неисправной горелки стало возможным производить без остановки турбины!</i>
10	Рассмотреть последствия использования возможностей, возникающих с появлением позитивных сверхэффектов. Составить перечень изменений (позитивных и негативных) в окружении данного объекта, в способах его производства и эксплуатации на интервале его жизненного цикла: 1) экономия материалов и трудозатрат при производстве турбины; 2) экономия площадей и расхода газового топлива при эксплуатации турбины; 3) намного более длительный жизненный цикл лопаток — экономия материалов и трудозатрат. <i>Суммарный экономический эффект (на интервале жизненного цикла) на каждой турбине исчисляется многими миллионами марок</i>
11	Рассмотреть возможности улучшения решения: 1) следует рассмотреть стратегию, связанную с разделением противоречивых свойств в веществе лопаток; 2) необходимо продолжить линию дробления рабочего органа

Рис. 17.4. Пример верификации решения

Практикум к разделам 16–17

44. Закалочная ванна. Завершите решение трех задач для примера 14.1, основываясь на формулировках, полученных в примере 14.1 (продолжение 10 в конце раздела 14.2).

Примечания:

- Не забудьте формулировать функциональные идеальные модели для каждой задачи.
- Проверьте наличие позитивных и негативных сверхэффектов в Ваших решениях.
- Проверьте возможность использования Ваших решений для решения проблем в других отраслях промышленности.
- Обратите внимание на то, что некоторые идеи пригодны для решения задач при разных постановках. Иногда могут быть получены такие решения, которые кардинально снимают проблему при нескольких возможных постановках, так что при получении такого решения отпадает необходимость решать другие задачи.
- Сравните все полученные решения по различным критериям, например, с точки зрения экологичности, простоты технической реализации, экономической эффективности.
- При возникновении непреодолимых трудностей при решении задач в постановках а) и б) попробуйте применить Метод моделирования маленькими фигурками из нижеследующего раздела 18.3.

45. Газовая турбина СИМЕНС. Рассмотрите возможности развития полученного решения. Проведите диагностику новой системы с целью ее усовершенствования на основе Законов и Линий развития систем (см. также разделы 15.1 и 15.2).

46. Автобан. Проведите диагностику автобана с целью его усовершенствования на основе Законов и Линий развития систем. Сформулируйте противоречия, определите множество оперативных зон и составьте для каждой оперативной зоны изобретательскую задачу.

47. Идеи для предпринимательства. Проверьте возможность развития продукции Вашего предприятия или снижения затрат на производство (хранение, транспортировку, обслуживание) на основе анализа достоинств и недостатков объектов, выбранных для анализа, и разработки задач усовершенствования этих объектов на основе Алгоритма диагностики проблемной ситуации.

48. Ваши изобретения. Проверьте возможность развития решений и расширения применения изобретений, сделанных Вами ранее.

Искусство изобретения

Хорошие результаты могут быть достигнуты только при высокой культуре мышления.

Ученому, конструктору, изобретателю нужна мощная и послушная фантазия.

Между тем во многих случаях потенциал фантазии катастрофически низок.

Может показаться, что применение законов, приемов, стандартов диаметрально противоположно полету фантазии.

На деле же весь аппарат ТРИЗ расписан на сильную, хорошо управляемую фантазию.

Генрих Альтшулер

18. Практицизм фантазии

18.1. Неалгоритмические ТРИЗ-методы

«Развитие техники, как и всякое развитие, происходит по законам диалектики. Поэтому ТРИЗ основывается на приложении диалектической логики к творческому решению технических задач. Но... одной логики недостаточно. Необходимо учитывать особенности «инструмента», с помощью которого работает изобретатель, а «инструмент» этот весьма своеобразный — мозг человека» — так писал основатель ТРИЗ 30 лет назад [3].⁷⁵

Он же подчеркивал, что в любом творчестве максимально используются сильные стороны человеческого мышления и характера, такие, как интуиция, способность воображения, настойчивость, огромная работоспособность, смелость, эрудиция и т. д. Но во избежание ошибок и потерь времени, как для творческой личности, так и для человечества, нужно учитывать и слабые стороны мышления, особенно, психологическую инерцию.

Г. Альтшуллер приводит два примера:

- 1) для погружения и пребывания на глубине водолазы используют свинцовые галоши. Более 100 лет эти галоши делались одного размера, и одним были малы, а другим, разумеется, велики. И только примерно через век сделали «раздвижные галоши» — простейшее, но очень полезное усовершенствование!
- 2) Линзы и очки были известны за 300 лет до изобретения телескопа. 300 лет никому не приходило в голову посмотреть на мир через две последовательно установленные линзы! Почему? Считалось, что линза дает искаженное изображение. Две последовательно установленные линзы должны были (так подсказывал «здравый смысл») давать еще большее искажение. Этот психологический барьер задержал появление телескопа на 3 столетия! Между тем трудно назвать изобретение, которое оказалось бы более революционизирующее влияние на мировоззрение человека. Телескоп открыл человеку звездные миры, дал огромный толчок развитию науки. Трудно даже представить, насколько вперед ушла бы цивилизация, если бы телескоп появился на 300 лет раньше.

О психологической инерции автор ТРИЗ писал также следующее [6]: «Изобретатель строит ряд мысленных моделей и как бы экспериментирует с ними.

⁷⁵ Здесь и далее с моими небольшими стилистическими изменениями (О.М.).

При этом мышление изобретающего человека имеет характерную особенность: ...исходной моделью чаще всего берется уже существующая машина. Такая исходная модель имеет ограниченные возможности, сковывающие воображение. В этих условиях трудно прийти к принципиально новому решению. Если же изобретатель начинает с определения идеального конечного результата, то в качестве исходной модели принимается идеальная схема — предельно упрощенная и улучшенная. Дальнейшие мысленные эксперименты не отягощаются грузом привычных конструкционных форм и сразу же получают наиболее перспективное направление: изобретатель стремится достичь наибольшего результата наименьшими средствами.»

Сознание контролирует нас через образы, заложенные в слова [6]: «Задача ставится в известных терминах. И эти термины не остаются нейтральными, они стремятся сохранить присущее им содержание. Изобретение же состоит в том, чтобы придать старым терминам или их совокупности новое содержание. Инерцией, присущей технической терминологии, прежде всего и объясняется инерция мышления...»

Пример 121. Нефтепровод [5]. На одном из семинаров рассматривалась задача о переброске трубопровода для перекачки нефти через ущелье. По условиям задачи устройство опор или подвески исключалось. Обычно в таких случаях изгибают трубопровод в виде арки (обращенной выпуклостью вверх или вниз — при больших пролетах). Решение получилось тривиальное: нужно увеличить площадь поперечного сечения трубы.

В следующий раз та же задача формулировалась иначе: необходимо перебросить нефтепровод. На этот раз среди решений оказалось и такое: прочность зависит как от площади, так и от формы поперечного сечения. При той же площади поперечного сечения наиболее прочной будет конструкция в виде полого двутавра (рис. 18.1,а). Еще вариант (рис. 18.1,б): двутавр можно изготовить из двух труб меньшего диаметра, чем исходный трубопровод, расположенных одна над другой и соединенных жесткими вертикальными связями.

В итоге, путем замены специального технического термина участники семинара отошли от привычного представления о трубе с круглым сечением, с которым только и ассоциируется слово труба, а смогли предложить нефтепровод, но не круглого сечения.

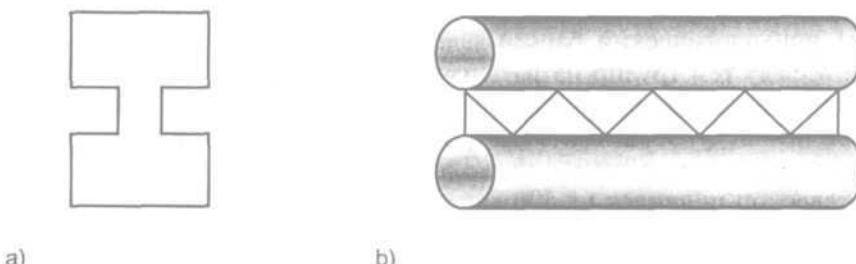


Рис. 18.1. Нефтепровод с сечением в виде:
а — полого двутавра; б — двутавра, полученного из сдвоенных труб

Модель этого процесса можно построить на основе известной схемы преодоления познавательно-психологического барьера, предложенной академиком Б. Кедровым⁷⁶ (рис. 18.2).

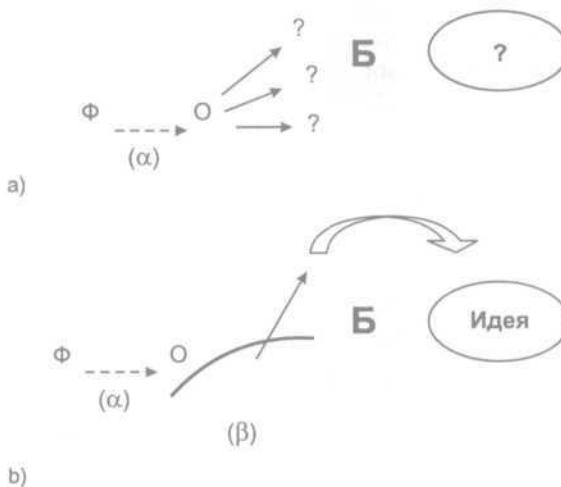


Рис. 18.2. Модель изобретения идей по Б. Кедрову

В поисках решения мысль человека движется от фактов Ф, описывающих исходную ситуацию, к выявлению особенного О, что присуще этим фактам для выдвижения Идеи решения. Движение мысли идет в некотором направлении (α) и упирается в познавательно-психологический барьер Б. Этот барьер означает либо отсутствие достаточных знаний, либо отсутствие необходимого психологического состояния. Какие действия ассоциируются с задачей о преодолении барьера? Например, такие: перелезть или перепрыгнуть через барьер. Именно это и показано, как модель творческого инсайта, представленного неким трамплином, перебрасывающим мысль через барьер! Таким трамплином может служить другая мысль, идущая, например, в направлении (β). Это может быть, практически, любая ассоциация: предмет или явление (в Методе фокального объекта), другая идея, даже неверная (в Брейнсторминге), фантастическая аналогия (в Синектике) и так далее.

На самом деле и здесь срабатывает все та же психологическая инерция! Спросите себя: а чем именно мешает барьер? Если Вы хотите всего лишь увидеть Идею, находящуюся за барьером, то Ваши действия могут оказаться совсем иными! Могут подойти, например, такие ассоциации:

- обойти барьер сбоку;
- подняться над барьером на лестнице или воздушном шаре;
- снизить или разрушить барьер;
- пробить барьер, сделать в нем отверстие, туннель и так далее.

⁷⁶ Б. М. Кедров. О теории научного открытия. Сборник «Научное творчество». М., 1969.

Все это разные образы. И они так же специфичны и вводят в заблуждение, как и термины в любой другой постановке проблемы. Суть же метафоры Б. Кедрова в том, что мысли нужен метод (β) для усмотрения с его помощью «неочевидной Идеи». Таким методом в ТРИЗ является Функциональное идеальное моделирование (см. раздел 9.2). Продолжая игру слов и смыслов, и переходя к более фантастическим образам, можно сказать, что метод функционального идеального моделирования делает барьер... прозрачным! То есть сквозь него что-то становится видно.

На рис. 18.3 представлена таблица сравнения «обычного» и ТРИЗ-мышления. «Обычное мышление контролируется сознанием, оно сдерживает нас от нелогичных поступков, налагает массу запретов. Но каждое изобретение — это преодоление привычных представлений о возможном и невозможном⁷⁷.»

№	Традиционное мышление	ТРИЗ-мышление
1	Тенденция к облегчению, упрощению требований задачи	Тенденция к обострению, усложнению требований задачи
2	Тенденция к уклонению от «невероятных» путей	Стремление идти по пути увеличивающейся «невероятности»
3	Зрительное представление об объекте нечеткое и привязанное к объекту-прототипу	Зрительное представление об объекте четкое и привязанное к идеальному конечному результату
4	Представление об объекте «плоское»	Представление об объекте «объемное»: одновременно рассматриваются не только объект, но и его подсистемы, а также надсистема, в которую он входит
5	Представление об объекте «сиюминутное»	Объект виден в историческом движении: каким он был вчера, какой он сейчас, каким он должен стать завтра (если сохранить линию развития)
6	Представление об объекте «жесткое», трудно поддающееся изменениям	Представление об объекте «пластичное», легко поддающееся сильным изменениям в пространстве и во времени
7	Память подсказывает близкие (и потому слабые) аналогии	Память подсказывает далекие (и потому сильные) аналогии, причем запас информации постоянно пополняется за счет собираемых новых принципов, приемов и т. д.
8	С годами усиливается «барьер специализации»	«Барьер специализации» постепенно разрушается
9	Степень управляемости мышления не повышается	Мышление становится все более управляемым: изобретатель как бы видит ход мышления со стороны, легко управляет процессом мышления (например, легко уходит от «напрашивющихся» вариантов)

Рис. 18.3. Сравнение традиционного и ТРИЗ-мышления

⁷⁷ Ю. Саламатов. Как стать изобретателем: 50 часов творчества / Книга для учителя. М., 1990.

Саму способность к функционально-идеальному моделированию также надо тренировать. Например, чтением научно-фантастической литературы, детективных романов, анекдотов, даже сказок, просмотром юмористических и фантастических рисунков, произведений живописи, прослушиванием необычных музыкальных произведений.

Кроме концепции функционального идеального моделирования, для преодоления психологической инерции в ТРИЗ был создан ряд «неалгоритмических» методов:

- «Фантограмма» и моделирование по координатам «Размерность — Время — Стоимость» (специальная сокращенная форма «Фантограммы»);
- модель «Было — Стало»;
- «Моделирование маленькими фигурками»;
- рекомендации по предотвращению логических и психологических ошибок.

Первые два метода используются для снятия психологической инерции на начальных стадиях решения задачи, при се «растяжке», а третий метод является эффективным «неалгоритмическим» инструментом для генерирования новых идей. Психологические рекомендации рассмотрены ниже в разделе 19 Интеграция ТРИЗ в профессиональную деятельность.

18.2. Модели «Фантограмма» и «Было — Стало»

Первая модель применяется прежде всего для «расчистки» мышления от негативных стереотипных представлений об исходной задаче и о целях ее решения. Цель — увидеть (нестрого!) особенности этого объекта, границы возможностей его трансформации.

«Фантограмма» представляет собой таблицу (рис. 18.4), помогающую провести экспресс-тренинг или экспресс-стимуляцию воображения непосредственно на примере объекта решаемой проблемы.

Сама идея «Фантограммы» возникла у Г. Альтшуллера при изучении сотен произведений научной фантастики. Он подошел к оценке этих произведений так же, как и к оценке изобретений на новизну и полезность. Действительно, в «фантастике» является правилом создание произведений только с новой, оригинальной идеей фантастического сюжета. Это требует незаурядного воображения и знаний. В то же время, для тренинга участникам полезно самим пробовать создавать новые объекты и процессы, применяя для этого «Фантограмму».

«Многие привыкли смотреть на научно-фантастическую литературу как на развлекательное чтение, на литературу второго сорта... Ни одна из сравнительных таблиц предсказаний и степени их реального воплощения, составлен-

Изменение: объект способ	Сфера обитания	Надсистема	Цель существования	Направление развития	Воспроизведение (изготовление)	Способ перемещения	Конструкция (подсистемы)	Вещество (хим. и физ. свойства)	Энергетика
Сделать наоборот									
Увеличить — уменьшить									
Динамизация — статика									
Ускорить — замедлить									
Универсальность — специализация									
Дробление — объединение									
Квантование — непрерывность									
Внесение — вынесение									
Смещение во времени									
Оживление									
Изменение связей									
Изменение законов природы									

Рис. 18.4. «Фантомограмма»

ных по оценкам ученых, не дает столь высокого процента успеха, как у писателей-фантастов. А ведь писатели-фантасты заглядывают в будущее на десятки и сотни лет. Например: утопия Ф. Одоевского «4338 год. Петербургские письма» (1840) — самолеты, электропоезда, синтетические ткани, самодвижущиеся дороги; роман А. Богданова «Красная звезда» (1908) — атомные двигатели, заводы-автоматы; утопия В. Никольского «Через тысячу лет» (1926) — прямое предсказание, что первая атомная бомба будет взорвана в 1945 году; роман первого американского писателя-фантаста Х. Гернсбека «Ральф 124C41+» (1911) — видеотелефон, гипнopedия, микрофильмы, радиолокация, ракеты(78).»

Жюль Верну⁷⁸ принадлежит следующее высказывание: «Все, что человек способен представить в своем воображении, другие сумеют претворить в жизнь.» Г. Альтшуллер составил таблицу (80) (рис. 18.5), убедительно подтверждающую, что «история научной фантастики дала яркие примеры превращения «невозможного» в «возможное»»

⁷⁸ По вышеуказанной работе Ю. Саламатова.

⁷⁹ Жюль Верн (1828—1905) — выдающийся французский писатель, основатель жанра научной фантастики.

⁸⁰ По вышеуказанной работе Г. Альтшуллера.

Автор	Общее кол-во новых идей	Судьба фантастических идей					
		Сбылись		Подтвердилась принципиальная возможность		Оказались ошибочными или неосуществимыми	
		Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Ж. Верн	108	64	59	34	32	10	9
Г. Уэллс	86	57	66	20	23	9	11
А. Беляев ⁸¹	50	21	42	26	52	3	6

Рис. 18.5. Таблица «успеха» предсказаний писателей-фантастов (по Г. Альтшуллеру)

Потрясающим научно-фантастическим предвидением обладал основоположник теории ракетного и космического движения Константин Циолковский⁸². Вот некоторые из его сбывшихся, а также вполне вероятных идей:

1. Ракетный самолет с крыльями и обычными органами управления.
2. Уменьшение крыльев самолета с увеличением тяги двигателей и скорости полета.
3. Проникновение в разреженные слои атмосферы, полет за пределы атмосферы и спуск планированием.
4. Основание подвижных станций вне атмосферы (искусственные спутники Земли)..
5. Посадка на Луну.
6. Скафандры, в том числе с жидкостным наполнением.
7. Использование космонавтами энергии Солнца сначала для жизненных целей станции, а затем и для перемещения в космосе.
8. Увеличение числа космических станций, развитие в космосе индустрии (см. еще один проект А. Юницкого далее в этом разделе).

Вместе с тем, механизм воздействия фантастики на науку не сводится к простой формуле «фантаст предсказал — ученый осуществил». Часть прогнозов оказывается, например, неверной или социально неприемлемой.

Специализированная форма «Фантограммы» стала самостоятельным ТРИЗ-инструментом в виде модели «Размерность — Время — Стоимость» (для краткости: модель РВС).

Как и «Фантограмма», модель РВС предназначена для расшатывания привычных представлений об объекте. То есть ее назначение — переводить «привычное» в «непривычное». При использовании этой модели последовательно рассматривают изменение условий задачи в зависимости от изменения трех параметров: геометрических размеров — Р (однако, в общем случае, это могут

⁸¹ Александр Беляев (1884–1942) — один из первых русских авторов-фантастов.

⁸² Константин Циолковский (1857–1935) — выдающийся русский ученый-самоучка, основоположник теории ракетного движения, движения спутников и полетов на Луну и другие планеты.

быть изменения «размера» любого параметра, например, температуры, прочности, яркости и т. п.), времени — В, стоимости — С. Для РВС-моделирования используется специальная таблица (рис. 18.6). Каждый параметр нужно изменять в максимально большом диапазоне, границами которого может быть только потеря физического смысла задачи. Значения параметров нужно менять ступенями так, чтобы можно было понимать и контролировать физическое содержание задачи в новых условиях. Рассмотрим один из классических примеров, разработанный еще Г. Альтшуллером.

Пример 122. РВС-моделирование. Допустим, что проводится подготовка к решению задачи об обнаружении неплотностей и утечки рабочего вещества из агрегатов холодильника. Результаты РВС-моделирования представлены в таблице на рис. 18.6.

Параметр	Предел	Реальное значение	Каким может быть решение	Возможный принцип решения
P	0	Длина детали < 1 м	Количество теряемого вещества мало. Надо сделать его легко обнаруживаемым	Какие-то микродобавки, обнаруживаемые при малейшей утечке
	∞	Длина детали >100 км	Обнаружение на расстоянии — радиолокация, оптическая локация, термолокация	Локация в обычных или инфракрасных лучах, радиолокация
B	0	Обнаружить надо за 0,001 с	Механические и химические способы исключаются. Возможны только электромагнитные или оптические	Электромагнитные или оптические поля и эффекты
	∞	Обнаружить надо за 10 лет	Рабочее вещество может реагировать с материалом деталей. Тогда можно контролировать изменение внешнего вида деталей	Индикатором утечки может служить материал деталей
C	0	Стоимость обнаружения равна 0	Нужно, чтобы протекающее вещество сильно «сообщало» о себе	Развить принцип самообслуживания — самообнаружения
	∞	100 000\$	Добавлять в рабочее вещество что-то дорогое, но легко обнаруживаемое	Какие-то добавки, возможно дорогие, но хорошо обнаруживаемые при утечке

Рис. 18.6. Таблица и пример РВС-моделирования (по Г. Альтшуллеру)

При РВС-моделировании ответы могут быть очень разными — это зависит от фантазии, знаний, опыта, индивидуальных качеств человека. Нельзя только заменять цель исходной задачи! Например, нельзя в последней строке писать: повысить качество изготовления агрегатов — хотя, конечно, на практике разумнее предотвратить появление неплотностей, чем потом «бороться» с ними.

И еще о стоимости: изменение этого параметра в сторону увеличения означает лишь допущение, что есть гипотетическая «возможность» заплатить за изменение как угодно много. А ответить нужно на вопрос: что при этом изменится в отношении к проблеме? Как она тогда может быть решена и почему?

PBC-моделирование часто сопровождается иллюстрациями. При этом рекомендуется выполнять рисунки с возможной тщательностью, не допуская небрежности. Плохой рисунок, как правило, свидетельствует о плохом понимании задачи. При этом минимальное количество рисунков два: рисунок «Было» (или «Есть») и рисунок «Стало» (или «Должно быть»). Иногда полезно выполнить оба рисунка в одном масштабе, а потом совместить их, и все отличия выделить потом цветом.

А теперь два примера.

Пример 123. Кольцо на земном шаре. Это также одна из разминочных задач для тренингов. Она формулируется очень просто и имеет очень простой ответ. Но дело в том, что на тренинге требуется решить эту задачу за 20 секунд! Возьмите часы с секундной стрелкой и только после этого прочитайте условие задачи.

Оказывается, наши возможности восприятия и осознания условий задачи также непостоянны и зависят от многих факторов. В частности, если на семинаре сначала говорится, что Вы должны решить достаточно сложную задачу, а потом время ограничивается 20 секундами, то процент правильно и вовремя решивших задачу падает!

Итак, задача: предположим, что на «идеально круглый» земной шар плотно надето тонкое раздвигающееся кольцо. Вам нужно раздвинуть его так, чтобы с одной стороны образовался зазор между кольцом и поверхностью Земли, достаточный, чтобы Вы проползли под кольцом, например, в 0,5 м. На сколько километров нужно увеличить окружность кольца?

Пример 124. Космический транспорт и космическое индустриальное кольцо А. Юницкого. Потрясающий пример PBC-моделирования представляет собой исследование еще одного невероятного, но не противоречащего физическим законам, изобретения уже известного нам изобретателя Анатолия Юницкого (см. раздел 15.3). На этот раз он изобрел... колесо! Но не простое, а размером в земной шар! Да, он именно и предложил надеть на Землю по экватору кольцо, которое будет затем космическим транспортным средством: на рис. 18.7,а «Было = Кольцо», а на рис. 18.7,б «Стало = КТС (Космическая Транспортная Система)». Фантастичность этого проекта превосходит выдумку самого барона Мюнхгаузена, который вытянул себя вместе с лошадью из болота за собственную косичку! Однако, в КТС дело обстоит именно таким образом — КТС сама себя выносит в космос.

Пусть кольцо 1 (рис. 18.7,а) представляет собой ротор шагового электродвигателя на магнитном подвесе. Статор двигателя выполнен внутри оболочки, в которой находится ротор, и также охватывает земной шар. Ротор висит в оболочке на магнитном подвесе и никакими элементами не касается оболочки. Размер ротора может быть 20—40 см. Внутри ротора могут располагаться материалы для создания сооружений в космосе или сырье для работы космической промышленности. После разгона ротора до скорости, превышающей первую космическую скорость, например, до 10 км/сек, он становится... невесомым! Тогда отключают магнитный подвес, и ротор уносится в космос! На

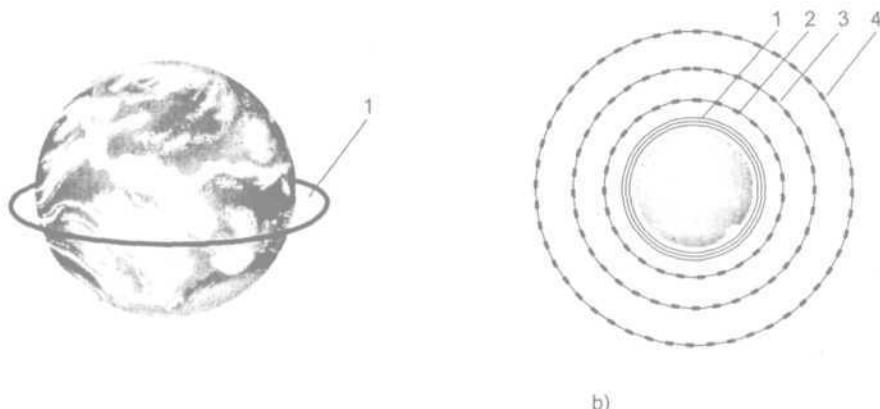


Рис. 18.7. Космическая Транспортная Система А. Юницкого

высоте до 10 км (позиция 2 на рис. 18.7, б) сбрасывается оболочка, опускаемая на Землю на парашютах. Далее ротор поднимается на заданную высоту. Например, в позиции 2 на рис. 16.7, б высота над Землей может быть 100 км, а в позиции 3—1000 км.

Ротор выполнен состоящим из секций, соединенных телескопическими связями. Поэтому он свободно увеличивается по размеру диаметра и, соответственно, по размеру окружности. При диаметре Земли по экватору в 12 756 км окружность экватора равна примерно 40 000 км. Такова же и стартовая окружность ротора. На высоте 100 км его окружность увеличится всего лишь на 628 км или на 1,6%, а на высоте в 1000 км — на 6280 км или на 15,7%. (Сравните с параметрами в предыдущей задаче, но с учетом того, что там кольцо прижимается к Земле с одной стороны и отодвигается с другой!)

При торможении ротора он начинает сжиматься и может опускаться на Землю! При этом возможен дополнительный возврат (рекуперация) огромного количества энергии!

Если в космосе производить хотя бы 1 % сегодняшних конструкционных материалов или 50 % вырабатываемой сейчас энергии, то геокосмический грузопоток должен быть минимум 10 миллионов тонн в год. Для выведения такого количества груза на орбиту, скажем, к 2020 году, кораблями типа «Шаттл» при интенсивности запусков 60 в год эту программу надо было начинать осуществлять раньше, чем в Древнем Египте приступили к строительству пирамиды Хеопса! А выводить столько грузов в год — вовсе нереально!

Причем уже сегодня ракетный транспорт близок к потенциальным пределам своего развития как с экономической, так и с технической и экологической точек зрения. Например, подсчитано, что всего лишь не более 100 частых запусков орбитального корабля типа «Шаттл» приведут к катастрофическому и необратимому разрушению озонового слоя планеты продуктами сгорания ракетного топлива.

КТС способен вывести в космос и забрать из космического индустриального кольца за один полет от 1 до 5 миллионов тонн полезного груза! В год могут

быть сделаны десятки стартов-посадок, практически безвредных для природы! Себестоимость выведения грузов в космос с помощью АТС будет менее 1 доллара США за килограмм, что в тысячи раз меньше в сравнении с ракетным транспортом!

В таблице на рис. 18.8 приведен сокращенный перечень изобретательских приемов, реализованных в космической транспортной системе А. Юницкого.

№	Прием	Применение
03	Дробление	Секционирование ротора
04	Замена механической среды	Применение магнитных подвесов и линейных шаговых электродвигателей
05	Вынесение	Для создания ОТС выделено единственно нужное свойство — самоподнимающийся ротор
07	Динамизация	Тело ротора изменяется в размерах
11	Наоборот	Не уменьшать, а увеличивать — в миллионы раз! — полезный груз, выводимый в космос
12	Местное качество	Каждая часть ОТС на всех участках полета находится в лучших условиях для реализации своих функций
16	Частичное или избыточное действие	Если нельзя запустить в год 100 кораблей типа Шаттл, то нельзя ли поднять нужный груз при однократном полете??
18	Посредник	Ротор — посредник, переносящий груз в ОТС!
19	Переход в другое измерение	ОТС перемещается в плоскости — вращаясь по кругу и изменяясь в радиальном направлении (как расширяющийся/сжимающийся ротор)
21	Обратить вред в пользу	Огромный вес ОТС стал его полезной нагрузкой!
26	Применение фазовых переходов	В частности: изменение веса ротора при разгоне до первой космической скорости!
29	Самообслуживание	ОТС — единственный самонесущий транспорт!
32	Антивес	Веса ротора компенсирован центробежными силами при его раскручивании!
34	Матрешка	ОТС — многоуровневая вложенная конструкция: груз — ротор — оболочка — статор (эстакада)
35	Объединение	ОТС — сумма огромного числа секций одного назначения
37	Эквипотенциальность	Раскручивание ОТС по эквипотенциали на широте экватора (в отличие от вертикального ракетного подъема)

Рис. 18.8. Реинвентинг Космической Транспортной Системы А. Юницкого

На начало III тысячелетия применение космической транспортной системы А. Юницкого для создания геокосмической индустриальной цивилизации — самая практичная идея из всех самых фантастических идей.

И в заключение этого раздела приведем оптимистическое напутствие Г. Альтшуллера: «Освоение техники фантазирования нисколько не похоже на зазуб-

ривание шаблонных текстов. Одно и то же упражнение может быть выполнено по-разному в зависимости от личности человека. Здесь, как в музыке, технические приемы помогают раскрытию индивидуальных качеств, и интересно выполнение упражнения порой доставляют подлинно эстетическое удовольствие, как хорошо сыгранное музыкальное произведение.»

18.3. Моделирование маленькими фигурками

По-видимому, первым примером применения ТРИЗ к самой себе для своего же развития было создание Метода моделирования маленькими фигурками (ММФ). Г. Альтшуллер обратил внимание на противоречия приема эмпатии (уподобления себя изменяемому объекту) из Синектики Гордона: сильная сторона — включение фантазии и органов чувств для стимуляции воображения, слабая сторона — принципиальная ограниченность метода при некоторых часто встречающихся трансформациях типа разделения объекта, разрезания, растворения, скручивания, взрывания или конденсации, сжатия, нагрева и т. п. Итак, эмпатия должна быть, и ее не должно быть! Идеальное решение — принцип копирования! Пусть действия моделируются, но не самим изобретателем, а какой-то условной моделью-фигуркой, а еще лучше толпами маленьких фигурок в любом нужном количестве и с любыми неожиданными и фантастическими свойствами!

Аналогами для такой идеи послужили известные примеры из истории творческих решений. Так, известный химик Кекуле⁸³ «увидел» структурную формулу молекулы бензола (C_6H_6) сначала в виде кольца обезьян, ухватившихся за прутья клетки, а также за передние и задние руки друг друга. А в мысленном эксперименте Максвелла⁸⁴ требовалось из одного и того же сосуда с газом перевести в другой сосуд частички газа с большей энергией. Максвелл мысленно соединил сосуды трубочкой с «дверцей», которую «маленькие демоны» открывали перед высокоэнергетическими быстрыми частичками и закрывали перед медленными.

Историю с Кекуле историки творчества обычно приводили только для того, чтобы поговорить о роли случайности в открытии или изобретении, а из опыта Максвелла делали и без того очевидный вывод о важности воображения для ученого. И только Г. Альтшуллер превратил эти случаи в метод! Он дал ему название: Метод моделирования маленькими человечками. Много лет назад автор учебника заменил в названии слово «человечки» на более эмоционально-нейтральное — «фигурки». Дело в том, что в некоторых ситуациях часть или всех «человечков» нужно тем или иным способом уничтожать, что вызывает психологический дискомфорт при использовании этого образа и также мешает успешно решать творческие задачи. Дискомфорт практически отсутствует при следующем представлении о «фигурках»: они умеют выполнять лю-

⁸³ Кекуле фон Стадониц Ф. А. (1829—1896) — немецкий химик, открывший формулу бензола.

⁸⁴ Джеймс Максвелл (1831 — 1879) — шотландский физик, создавший теоретические основы описания электромагнитных полей.

бые наши фантазии, умеют активно действовать, но остаются абсолютно абстрактными объектами наподобие шахматных фигур или нарисованных карикатурных персонажей. «Фигурки» не более «живые» и «эмоциональные», чем любой напечатанный на этой странице символ: буква, запятая, точка, скобка, которые при необходимости можно спокойно стереть, чтобы заменить новыми символами.

Взяты именно условные «фигурки», а не, например, молекулы или микробы. Дело в том, что для мысленного моделирования нужно, чтобы маленькие частицы «видели», «понимали», могли действовать «коллективно! Применяя ММФ, изобретатель также использует эмпатию, но не сам! Это за него делают маленькие фигурки! А изобретатель, словно кукловод или художник-аниматор управляет этими фигурками и сам наблюдает их действия. Сохранена сильная сторона эмпатии без присущих ей недостатков. Правила ММФ представлены в таблице на рис. 18.9.

Метод моделирования маленькими фигурами	
Шаг	Мысленные операции
1	Выделить часть объекта, которая не может выполнить требуемые несовместимые требования. Представить эту часть в виде множества маленьких фигурок
2	Разделить множество маленьких фигурок на группы, действующие в соответствии с ситуацией. На этом шаге нужно нарисовать ситуацию как «Есть» или «Было»
3	Проанализировать исходную ситуацию и перестроить модель (объекта) так, чтобы она соответствовала требуемому идеальному функционированию, и чтобы были устранены исходные противоречия. На этом шаге нужно нарисовать ситуацию как «Стало» или «Должно быть»
4	Перейти к технической интерпретации и поиску средств для реализации

Рис. 18.9. Шаги и операции ММФ ТАБЛИЦА

Одной из первых демонстрационных задач по ММФ была следующая.

Пример 125. Адаптивный полировальный круг. Для полирования сложных поверхностей трудно применять обычные полировальные круги, так как при большой толщине круга он не может попасть в узкие щели в изделии, а при узком круге падает производительность полирования. Применение ММФ может быть представлено следующим описанием.

Шаг 1. Изменять по правилам ТРИЗ нужно инструмент. Представим полировальный круг состоящим из двух частей, одна из которых, по-видимому, со-прикасающаяся с изделием, должна быть подвергнута трансформации (слева на рис. 18.10,а).

Шаг 2. Теперь нарисуем множество фигурок, стремящихся изменить (справа на рис. 18.10,а) цилиндрическую поверхность круга! Более того, пусть фигурки будут сами полировать деталь! А другие фигурки пусть держат тех, кто полирует.

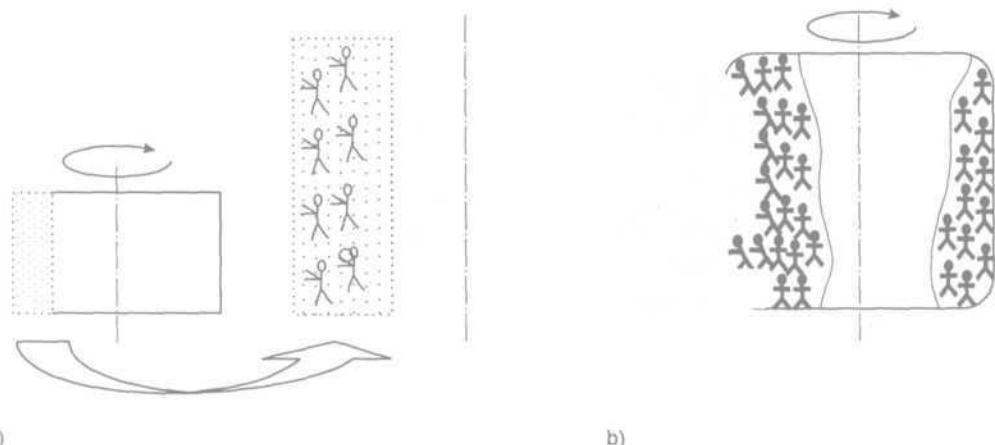


Рис. 18.10. Пример применения ММФ

Шаг 3. Пусть дана деталь сложной формы (рис. 18.10,б). Теперь во время вращения круга человечки прижимаются к детали, но только в месте соприкосновения круга с деталью. А после выхода из контакта с деталью фигурки собираются в группу, придающую кругу привычную форму тела вращения.

Здесь все соответствует максимальной функциональной идеальной модели: круг сам принимает форму детали!

Шаг 4. Таким образом, становится яснее, что круг должен быть устроен так, чтобы его наружная рабочая часть была динамизирована и могла адаптироваться к профилю поверхности детали. Первая техническая возможность: составные круги из многих пластин. Идея выглядит сомнительной из-за сложности, а из-за неравномерного износа пластин и вовсе может не дать нужного результата. Вторая возможность: выполнить внешнюю, динамизуемую часть из магнитоабразивного порошка, а сердцевину круга — в виде магнита. Тогда магнитоабразивные частицы будут, как и маленькие фигурки, подвижными, чтобы принимать вместе форму детали, и будут твердыми (по отдельности), чтобы полировать деталь. На нерабочих участках во время вращения круга частицы будут немедленно располагаться в соответствии со структурой удерживающего их внутреннего магнитного поля.

ММФ снижает инерцию, связанную с визуальным представлением и восприятием объектов. Поэтому принципиально важно рисовать объект достаточно крупно, чтобы силы, моделируемые в объекте, были представлены толпами фигурок, не стесненными линиями маленького рисунка и действующими нужным идеальным образом.

19. Интеграция ТРИЗ в профессиональную деятельность

19.1. Мотивация и развитие личности

Одним из наиболее постыдных явлений для современного человечества (начало III тысячелетия!) можно назвать довольно широко распространенное отношение к изобретателям как к людям, мягко говоря, со странностями. Человек, сделавший открытие или изобретение, и сообщивший, естественно, о своем открытии окружающим, вполне может получить ярлык чудака, еретика, психа и т. п. Чем крупнее и «еретичнее» изобретение, тем больше вероятность для его автора оказаться осмеянным и даже отверженным.

Отношение к самому изобретению по-прежнему проходит через следующие печально известные стадии:

- для первой стадии характерны безапелляционные выражения «Этого не может быть!», «Это — нелепая выдумка!», «Это — ложная теория» и т. п.;
- на второй стадии звучат глубокомысленные высказывания типа «В этом что-то есть, но кому это все нужно?», «Это невозможно реализовать» или «Это преждевременно»;
- на третьей стадии те же говоруны всех сортов и пород обязательно будут твердить как можно громче «Что тут нового — это всем известно!», «Я всегда видел в этом перспективу!», «Это не принадлежит только одному N.! Мы все внесли свой вклад в...» и т. д.

В ТРИЗ-школе различают творческую деятельность трех типов:

- 1) применение известной идеи по известному назначению;
- 2) создание новой идеи для известной цели;
- 3) создание новой цели и идеи для ее достижения.

Посмотрите еще раз таблицу уровня изобретений на рис. 3.2. Творческая деятельность первого типа включает решения 1 и 2 уровней; деятельность второго типа — решения 3 и 4 уровней. Третий тип творчества включает 5 уровень, а также не указанный в таблице 6 уровень как систему открытых (изобретений) 5 уровня.

Ступени творчества отличаются, однако, не только уровнем постановки и решения проблем, но и стимулами, мотивацией самого творчества и, как отмечено выше, характерной негативной реакцией окружающих на энтузиастов творческой деятельности и их результаты. Слишком многих изобретателей и первооткрывателей, создававших великие вехи в истории человечества, постигла драматическая или трагическая судьба.

Исследования тысяч судеб выдающихся творческих личностей (следует подчеркнуть, что к ним не относятся «изобретательные» преступники, аморальные и иные асоциальные типы), проведенные под руководством автора ТРИЗ Генриха Альтшуллера на эту тему, привели к разработке теоретической модели [6], на основе которой творческая личность могла бы противостоять негативным воздействиям внешних обстоятельств.

Однако, краткие принципы были сформулированы Г. Альтшуллером вместе с учениками и последователями еще за 10 лет до публикации указанной книги. Эти принципы должны помочь творческой личности сознательно вступать в борьбу со старыми представлениями и научиться, как говорят в боксе, умению «держать удар».

«Творческий комплекс» включает шесть необходимых качеств.

1. Нужна достойная цель — новая, еще не достигнутая, значительная, общественно полезная. Для уровня творчества третьего типа можно говорить о выборе цели служения общественному прогрессу, цели гуманистического развития цивилизации (см. раздел Стратегия и тактика изобретения).
2. Нужен комплекс реальных рабочих планов достижения цели и регулярный самоконтроль за выполнением этих планов. Цель останется смутной мечтой, если не будет разработан пакет планов, например, на 10 лет, на 5 лет, на год. И если не будет оценки выполнения этих планов — каждый месяц или даже каждый день. В большинстве случаев планы включают приобретение новых знаний и умений, например, знание иностранных языков для чтения нужных работ в оригинале.
3. Высокая работоспособность в выполнении намеченных планов. Накопление и систематизация вспомогательной информации. Жюль Верн оставил после себя картотеку из 20 000 (!) тетрадей.
4. Хорошая техника решения задач. Биографы Огюста Пиккара⁸⁵ писали, что изобретение им батискафа коренным образом отличается от множества прочих изобретений, зачастую случайных и, во всяком случае, интуитивных. Пиккар приходил к своим открытиям только благодаря систематическим продуманным поискам решений. Создатель стратостата и батискафа умел видеть технические противоречия и владел немалым количеством изобретательских приемов даже с точки зрения современной ТРИЗ.
5. Способность отстаивать свои идеи — «умение держать удар». Сорок лет прошло от мечты о спуске на максимальные океанские глубины до реального

⁸⁵ Огюст Пиккар (1884—1962) — швейцарский инженер и исследователь.

спуска первого батискафа. За эти годы Огюсту Пиккарду довелось испытать многое: нехватку средств, издевки журналистов, сопротивление морских специалистов. Пиккарду было 70 лет, и он уступил место пилота своему сыну Жаку.

6. Результативность. При наличии первых пяти качеств должны быть частичные положительные результаты на пути к цели.

ТРИЗ непосредственно связана только с четвертым качеством из этого комплекса. Но качества образуют систему: нельзя добиться высоких показателей по одному пункту, если на нуле все остальные.

Для развития общества важен любой из указанных типов творчества. Но если жизнь связана с творческой деятельностью первого типа, она чаще благополучна, если же с деятельностью второго или третьего типов — почти всегда не проста или драматична.

Если творчество первого типа непосредственно реализует прогресс, то деятельность второго и третьего типов определяет его тактические и стратегические направления, ставит и решает задачи отдаленного, но непременно грядущего будущего. Поэтому важность такого творчества для общества в целом намного значительнее.

И поэтому же ТРИЗ рекомендует, кроме мотивации, развивать творческие на- выки. Путем упражнений, накопления опыта решения изобретательских задач, совершенствования техники решения на основе ТРИЗ, изучения жизни выдающихся творческих личностей, изучения творческих решений в искусстве, литературе, кино, политике, экономике, психологии и в других областях человеческой деятельности.

19.2. Адаптация ТРИЗ-знаний к профессии

Главная цель ТРИЗ — сделать мышление талантливым, сделать интуицию управляемой, закономерно появляющейся и хорошо работающей.

Заметных изменений в Вашей вооруженности для решения новых задач Вы достигнете на основе проработки задач данного учебника.

Вместе с тем для адаптации ТРИЗ к Вашей профессиональной сфере необходимо постоянная работа и тренировка. Это объясняется вполне понятными явлениями.

Во-первых, читая специальную литературу в своей профессиональной сфере, Вы интерпретируете новые знания и извлекаете из них только те, которые кажутся непосредственно применимыми в Вашей работе. То есть Вы отбираете и систематизируете информацию. ТРИЗ, напротив, универсальна и достаточно обширна. Поэтому ее нужно осваивать всю и без пропусков! Это обратная задача по отношению к тому, к чему мы привыкли за многие годы нашей профессиональной деятельности.

Во-вторых, любая деятельность требует накопления опыта. Действительно, ни один врач не имеет права приступить к лечению пациента без достаточной практики и аттестации под наблюдением более опытных врачей. Ни один врач не должен останавливаться в накоплении и анализе своего опыта практически во всей своей будущей деятельности. Тогда почему же многие инженеры позволяют себе утверждаться в мысли, что они-то уж точно постигли все тонкости своей профессии? Или, еще хуже, если так же думают о себе менеджеры!

В-третьих, разве мы удивляемся, когда видим даже в окно спортивного зала (то есть не слыша ритма музыки или команд тренера) множество людей разного возраста, прыгающих и размахивающих руками или совершающих одинаковые ритмичные движения? Мы знаем, что это идет тренировка спортсменов или, скорее всего, «группы здоровья». Эти тренировки стали стандартным элементом культуры современного общества. Тогда почему рекомендация тренинга умственных способностей вызывает усмешку или удивление, считается ненужной или даже оскорбительной? Не потому ли, что культура мышления современного общества еще недостаточно высока, чтобы включить в себя постоянный тренинг мышления как обязательный способ поддержания его долговечности и эффективности?!

Наконец, как много людей, считающих себя вполне цивилизованными, вообще следуют даже известным и уже упомянутым рецептам здоровья? Из книги «Как стать гением» и других источников: здоровым мечтает быть каждый, и рецепт прост — не пить алкоголь, не курить, не слушать чрезмерно громкую музыку, особенно в наушниках, соблюдать режим и умеренность в еде, ежедневно совершать пробежки и разминки. Вроде бы все просто. Но многие ли используют эту «простоту» в жизни? А ведь речь идет о бесспорном — о сохранении здоровья. Что же говорить о творчестве, когда альтернативой притались по сути своей разрушительные для здоровья «удовольствия»? И когда само здоровье не воспринимается как удовольствие?

Итак, конкретные рекомендации.

1. Не следует думать, что сразу после прочтения этой книги Вы сможете решить любую творческую проблему. Сравните: решились бы Вы выйти на ринг только после того, как прочитали какое-нибудь наставление по боксу и даже не представляя, с кем Вам предстоит встретиться? А ведь кто знает, какая «проблема-супертяжеловес» поджидает Вас в реальности на интеллектуальном ринге?
2. Регулярно работайте с этой и подобными книгами. Еще и еще раз пробуйте проходить решения задач по памяти, все меньше подглядывая за ходом прицеленного в учебнике варианта решения.
3. Следите за принципом приема, а не за поясняющим его примером. Вся сила приема — в его принципе. И в Вашей фантазии, в способности интерпретировать прием применительно к решаемой задаче.
4. Заменяйте термины! Это «золотое» ТРИЗ-правило! Нужно учиться представлять любые проблемы описаниями, понятными даже школьникам, хотя бы старшеклассникам. Нередко неумение представить проблему иными словами

в виде, понятном для человека не из Вашей отрасли, свидетельствует о том, что Вы сами недостаточно или неточно понимаете ее.

5. Составляйте собственные каталоги приемов и оригинальных идей решений из патентов, технической литературы, фантастики, детективов и любых других интеллектуальных источников.

6. Записывайте! И это «золотое» ТРИЗ-правило! Во-первых, мы относимся к записанному с гораздо большей ответственностью, чем к произнесенному. Во-вторых, визуализация и использование чисто механических усилий возбуждает дополнительные и очень мощные нейронные поля и ассоциации, подключающиеся к решению проблемы. В-третьих, когда Вы знаете, что уже не забудете свои быстролетящие мысли, поскольку записали их, то этим Вы освобождаете место в «оперативной памяти» мозга для новых мыслей!

7. Используйте ТРИЗ-Софтвер. Известные продукты описаны в разделе 21. CAI: Computer Aided Innovation/Invention. Одним из преимуществ ТРИЗ-софтвера является наличие разнообразных примеров применения ТРИЗ-инструментов. Вторым преимуществом, особенно, в системе Idea Navigator (раздел 21.3. Idea Navigator: интеграция интеллектов), является возможность вносить собственные примеры пользователя непосредственно в каталоги и навигаторы системы. Эта функция в системе Idea Navigator создана именно для последующей адаптации этой системы к профессиональной деятельности пользователя, на приданье системе отраслевой ориентации с учетом индивидуальной специализации и вкусов.

8. Тренируйте свою наблюдательность, чувство красоты решения.

В процессе поиска решения может случиться так, что Вам не удается создание идеи, несмотря на применение приемов и других рекомендаций.

Вполне возможно, что Вы имеете дело с задачей, для решения которой нужны новые знания, новые научные исследования. По сути дела, здесь проходит фундаментальная граница между возможностью и невозможностью создать и реализовать некоторую техническую идею.

Если бы перед самым талантливым изобретателем середины XIX века поставили задачу создать устройство для «просвечивания» металлических изделий, то он только пожал бы плечами. А сейчас конструкторы используют для этого и рентгеновские лучи, и гамма-лучи, и ультразвук.

Для правильной оценки возникшей ситуации Вы должны хорошо знать историю своей отрасли, да и сопредельных отраслей.

И все же, что делать, если кажется, что никакие приемы уже не работают? В этом случае могут быть полезны поиски обходных путей, включая использование психологических резервов человека.

Правило 1. Его можно выразить вопросами: «Почему было так и почему должно быть иначе?» Опытный изобретатель никогда не приступит к решению задачи, прежде чем не представит себе ясно, в каком направлении идет развитие техники (см. раздел Стратегия и тактика изобретения).

Правило 2. Его можно выразить в двух словах: «Пусть случится!» Для этого надо представить себе, что негативное действие по техническому противоречию все же случилось. Нужно проследить за тем, а не является ли это действие более естественным для рассматриваемой системы, только плохо реализуемым. На одном заводе немало усилий было затрачено на разработку захватов для листов стали, переносимых краном. Размеры и вес листов постоянно увеличивались, случалось, что листы падали, приходилось искать новую конструкцию захвата.

Потом пошли по другому пути. Пусть «случай станет правилом» — листы должны находиться поближе к земле, их не надо поднимать! И были применены простые тележки на рельсовых путях, позволившие перемещать листы практически любого нужного веса.

Правило 3. Это правило точно отражает главное психологическое открытие в методике изобретательства, а именно, — опору на главное противоречие и идеальный результат; «Чем больше нарастают трудности при уточнении формулировки противоречия, тем ближе верное решение!» Для себя я формулирую это правило короче: «Чем труднее — тем лучше!»

В конце прошлого века шведский изобретатель Лаваль, работая над усовершенствованием паровой турбины, столкнулся с почти непреодолимым затруднением. Ротор турбины делал почти тридцать тысяч оборотов в минуту. При такой скорости вращения необходимо было очень точно уравновесить ротор, а это как раз не удавалось сделать. Трудности непрерывно нарастили. Изобретатель увеличивал диаметр вала, делал вал более жестким, но каждый раз в машине возникали вибрации, и вал деформировался. Поняв, что увеличивать далее жесткость вала невозможно, Лаваль решил проверить прямо противоположный путь: для опыта массивный деревянный диск был насажен на... камышовый стебель — прием 11 Наоборот и правило «Пусть случится!». И вдруг оказалось, что «гибкий вал» при вращении уравновешивается сам собой!

Правило 4. Очень полезное правило, если оно срабатывает! Его также можно определить коротко для запоминания: «Минус умножить на минус дает плюс!» или «Одним выстрелом убить двух зайцев!» Это означает стремление устраниć негативный эффект другим, обратно направленным, негативным эффектом в той же системе.

Например, диафрагму на первых фотоаппаратах с простыми объективами устанавливали либо перед объективом, либо позади объектива. В первом случае изображение несколько «раздувалось», во втором — сжималось. Это явление (дисторсия) долго не могли устранить. А выход был найден в следующем: установили две диафрагмы — перед объективом и позади него! Поток лучей несколько расширялся, а затем настолько же сжимался. Один недостаток компенсировался другим.

В целом, полезно помнить о том, что ТРИЗ, как и всякая теория, полезна всем, но хорошо работает в талантливых руках. Теория шахматной игры создавалась в результате накопления и анализа очень большого числа сложных реальных партий. По такому пути шла и продолжает идти ТРИЗ. Но если шахматные записи в какой-то мере отражают ход мыслей шахматистов, то в

описаниях изобретений зафиксирован только итог работы. Для реконструирования хода мыслей изобретателя нужен реинвентинг! ТРИЗ учит такому реинвентингу. И тем самым учит решению новых задач.

В основе шахматного анализа лежит стремление понять, чем игра гроссмейстера отличается от игры обычного шахматиста-любителя. Понять гроссмейстера может только близкий ему по силе шахматист! ТРИЗ же вооружает Вас наиболее сильными ходами, сыгранными в миллионах «изобретательских партий», раскрывает секреты гроссмейстерской игры для каждого, кто захочет их открыть для себя!

19.3. Десять типичных ошибок

В изобретательской практике встречается немало типичных ошибок (рис. 19.1). Эти ошибки имеют разную природу, но все они мешают поиску решений (с ТРИЗ или без ТРИЗ).

№	Условное название	Пояснения
1	<i>Тупик</i>	Постановка проблемы с самого начала ориентирует на поиск в бесперспективном направлении. Ошибка характерна для попыток усовершенствовать системы, ресурсы развития которых исчерпаны
2	<i>Чрезмерная конкретизация</i>	Слишком узкая постановка задачи, характерная для заводских специалистов
3	<i>Прожектерство</i>	Вместо решения конкретной задачи пытаются решить неизмеримо более сложную
4	<i>Путаница</i>	Ситуация, когда под видом одной задачи прячется клубок взаимосвязанных задач
5	<i>Избыток информации</i>	Ситуация, когда специалист, ставящий задачу, выдает массу информации, в которой нужная информация «тонет». Пытаясь этим облегчить решение, он в итоге усложняет его
6	<i>Недостаток информации</i>	Ситуация, когда специалист, ставящий задачу, упускает важные сведения, например, об имеющихся ресурсах, либо считая их несущественными, либо полагая, что они всем известны. Эта же ошибка характерна, когда задачу ставят по чужой информации, не владея точными сведениями
7	<i>Избыточные ограничения</i>	Характерно требование решать задачу строго определенным образом, например, «ничего не менять»
8	<i>Вторичное объяснение</i>	Ситуация, когда специалисты объясняют тот или иной эффект, факт, особенности системы не реальными причинами, а ошибочными, но ставшими привычными
9	<i>Близорукая задача</i>	Постановка задачи без учета изменений, которые могут произойти за то время, пока она будет решаться и пока будет создаваться «новая» система. Здесь могут быть ошибочными как требования к системе, так и неучет масштабов ее производства или продажи
10	<i>Исправительная задача</i>	Ситуация, когда предлагается усовершенствовать технологический участок, созданный для устранения недостатков, вместо усовершенствования предыдущей технологической операции, на которой эти недостатки возникают

Рис. 19.1. Таблица «типичных ошибок» в изобретательской деятельности

19.4. Примеры реинвентинга

Ниже мы рассмотрим два практических примера, которые демонстрируют применение ТРИЗ при решении «неразрешимых» практических проблем.

Пример 126. Удержание большого тонкого стеклянного листа в вакууме

Общее описание проблемы

Одна из компаний в Южной Корее выпускает несколько необычные машины для производства жидкокристаллических экранов. В этих машинах соединяются вместе два очень тонких (менее 1 мм толщиной), гибких, легко ломающихся, стеклянных листа с размерами по каждой стороне почти до 2 метров. На площади листа располагается несколько будущих экранов (рис. 19.2).

Робот приносит и укладывает первый (нижний) лист на нижнюю платформу машины. Затем робот подносит второй (верхний) лист к верхней платформе. С помощью вакуума этот лист прижимается к верхней платформе и удерживается перед операцией.

Каждый лист должен надежно удерживаться и прижиматься к соответствующей платформе. После этого верхняя платформа опускается навстречу нижней, и положение верхнего листа относительно нижнего выравнивается по специальным меткам.

В это время воздух из рабочей камеры выкачивается до установления глубокого вакуума. Поэтому удержание стекол осуществляется с помощью другого способа, а именно, с помощью электростатического поля.

При всей «ТРИЗ-идеальности» с точки зрения линий развития веществ и полей, этот способ на практике имеет два больших недостатка: слишком большой расход энергии на создание требуемой величины электростатического напряжения и слишком большие затраты времени на переходные процессы при включении и выключении электростатического поля.

Особое затруднение возникает из-за особого требования применяемой технологии сборки, состоящего в том, что стекла должны быть ориентированы горизонтально.

Первичные точки жидких кристаллов наносятся на нижнее стекло в заданных местах расположения будущих экранов.

Герметизирующие полоски эпоксидного клея, окаймляющие будущие экраны по контуру, наносятся на нижнюю поверхность верхнего листа.

После сближения на очень маленькую дистанцию (доли миллиметра!) и позиционирования листов друг относительно друга, по всей поверхности верхнего листа подается импульс нейтрального газа, что приводит к прижатию верхнего листа к нижнему (прессование).

Схема на рис. 19.2 иллюстрирует приведенное описание технологического процесса.

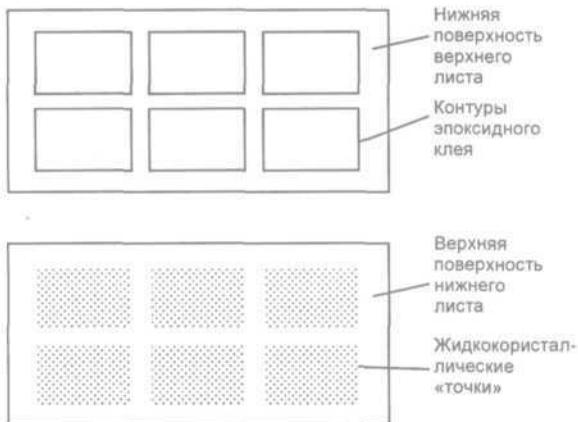


Рис. 19.2. Стеклянные листы для производства жидкокристаллических экранов



Рис. 19.3. Расположение контуров эпоксидного клея и жидкокристаллических слоев (не точки!) после прессования листов

Следует еще раз отметить, что удержание листов происходит в вакуумной камере.

Автором этой книги было разработано более 20 решений этой задачи. Некоторые из этих решений использованы здесь в виде, более подходящем для учебных целей.

ДИАГНОСТИКА

Проблемная ситуация

Сначала листы удерживаются вакуумными капиллярами, выполненными в платформах, а в условиях вакуума — электростатическим полем.

Несмотря на то, что электростатическое поле является более прогрессивным в соответствии с линиями развития ресурсов (и его применение может быть значительно улучшено!), заказчик потребовал (и это нередкий случай, когда консультанту приходится действовать вопреки ТРИЗ-законам развития) полностью исключить применение электростатического способа.

Экстрагирование проблемы из исходной проблемной ситуации

Под действием собственного веса верхний лист стремится оторваться от верхней платформы и упасть вниз. И, несмотря на вакуум, верхний лист должен полностью быть прижат к верхней платформе плотно и равномерно.

Как это может быть сделано?

Стратегия решения зависит от определения оперативной зоны, ресурсов и оперативного времени.

Рассмотрим следующие версии:

- 1) работа только с верхним листом в оперативное время;
- 2) работа с двумя листами в оперативное время;
- 3) совместное изучение системы на интервалах предоперативного, оперативного и пост-оперативного времени;
- 4) комбинированное изучение возможностей.

РЕДУКЦИЯ

Оперативная зона и ресурсы

Верхняя поверхность верхнего листа (для удержания!); пространство между этим листом и платформой; поверхность верхней платформы над верхним листом; силы гравитации (вес листа); глубокий вакуум.

Должны быть приняты во внимание материал листа (стекло) и материал платформы (алюминий).

Индуктор и рецептор

Индуктор — платформа. Рецептор — лист.

Техническое противоречие

Платформа S2 должна удерживать лист S1, но эффективное взаимодействие между листом и платформой отсутствует. Другими словами: платформа должна удерживать лист, однако силы гравитации противодействуют этому.

№ тип	Действие, состояние, объект						
	Удержание верхнего листа						
	(+)-фактор			(-)-фактор			
1	Удерживать в вакууме	09	Удобство изготовления	Вредное действие сил гравитации	1 3	Внешние вредные факторы	05, 18
2	Удерживать в вакууме	09	Удобство изготовления	Потребление дорогостоящей электроэнергии при электростатическом удержании	3 7	Затраты энергии подвижным объектом	03, 04, 10, 13
3	Большая площадь листа	17	Площадь подвижного объекта	Вредное действие сил гравитации	3 2	Вес подвижного объекта	04, 05, 14, 19

Рис. 19.4. Избранные технические противоречия для моделирования проблемы

Физическое противоречие

Платформа S2 должна удерживать лист S1 для обеспечения главной полезной функции, и платформа S2 не должна удерживать лист S1 из-за отсутствия ресурсов (полей, сил).

Идеальный Функциональный Результат

Macro-FIM: X-ресурс, не усложняя систему и не вызывая негативных эффектов, обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами

[надежное удержание верхнего листа (при глубоком вакууме)].

Дополнительное моделирование (рис. 19.5)

Построенная модель неполна, так как содержит только два вещества: S1 — рецептор и S2 — индуктор, а поле Fm полезного взаимодействия между ними отсутствует (!). При этом имеется вредное воздействие гравитационного поля Fg, которое оторвёт S1 от S2.

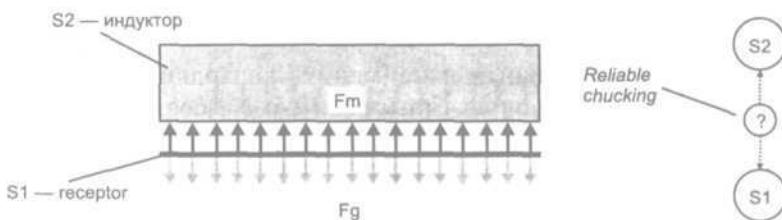


Рис. 19.5. Исходные вещества и поля оперативной зоны

ТРАНСФОРМАЦИЯ

Решение технических противоречий

По таблице противоречий (рис. 19.4) можно извлечь ранжированное множество навигаторов: 03, 04², 05², 10, 13, 14, 18 и 19.

Тогда обобщенный «портрет» решения может иметь такое описание:

03 Дробление — разделить объект на независимые части;

04 Замена механической среды — с) перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных — к меняющимся во времени, от неструктурированных — к имеющим определенную структуру; d) использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами;

05 Вынесение — отделить от объекта «мешающую часть» («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство);

10 Копирование — а) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;

13 Дешевая недолговечность вместо дорогой долговечности — заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступивших при этом некоторыми качествами (например, долговечностью);

14 Использование пневмо — и гидроконструкций — вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкые: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные;

18 Посредник — а) использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие; б) на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект;

19 Переход в другое измерение — б) использовать многоэтажную компоновку; наклонить объект или положить его «навок»; использовать обратную сторону данной площади.

Несколько решений может быть сформулировано на основе навигаторов 10, 13, 18 и 19. При этом общая идея состоит в том, чтобы использовать копию листа в качестве посредника, который держит лист по всей его верхней поверхности, а сам плотно прижат к нижней поверхности верхней платформы.

Другие решения могут быть сформулированы на основе навигаторов 05 и 14: продолжить использовать вакуум для удержания листа.

Решение физического противоречия в общем виде

В этом случае необходимо найти и применить подходящий физико-технический эффект для получения поля F_m (рис. 19.5, б), создающего достаточное усилие для удержания листа под верхней платформой в условиях вакуума.

Идеи технических решений

В соответствии с рассмотренными моделями может быть получено немало тезнических решений. Рассмотрим некоторые из них.

Идея 01. Более глубокий вакуум

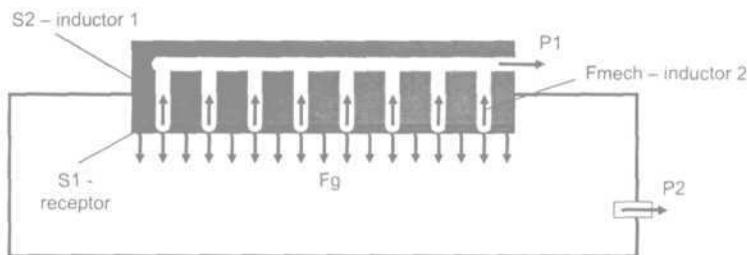


Рис. 19.6. Решение на базе создания более глубокого вакуума над листом по сравнению с вакуумом в камере

Верхний лист удерживается прижатым к верхней платформе при условии, что давление $P_1 < P_2$ на определенную величину, где P_2 — остаточное давление в вакуумной камере.

Идея 02. Клей

Верхний лист удерживается с помощью клея S_3 . Клей может быть временно нанесен до поступления листа в камеру или выделяться из капилляров на верхней платформе. Клей может быть нанесен не по всей поверхности.

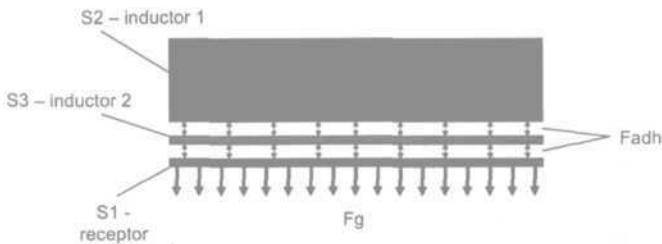


Рис. 19.7. Решение на основе создания временного клеевого слоя между листом и платформой

По окончании операции клей может быть втянут обратно в капилляры верхней платформы.

Идея 03. Двусторонняя адгезивная пленка-посредник или тонкая (толстая) пластина

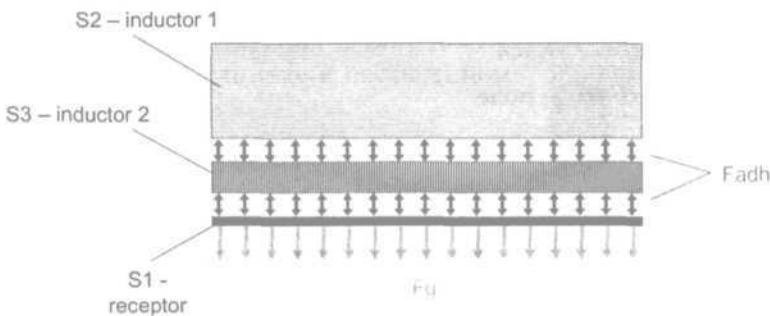


Рис. 19.8. Решение на основе введения в качестве посредника тонкой пленки или пластины с двумя адгезивными сторонами

Идея 04. Адгезивный посредник в виде пленки или пластины с ферромагнитными частицами

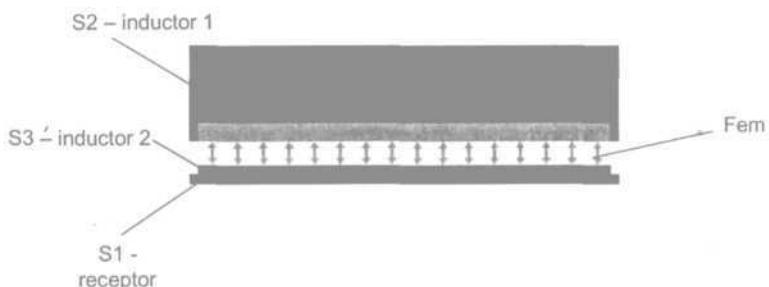


Рис. 19.9. Решение на основе применения одностороннего адгезивного посредника в виде пленки или пластины

В верхней платформе встраиваются электромагниты. Временный односторонне-адгезивный слой S3 с ферромагнитными частицами нанесен (наклеен) на верхнюю поверхность листа. После включения электромагнитов ферромагнитный посредник притягивается к верхней платформе вместе с листом.

Идея 05. Адгезивные ферромагнитные контуры в «пустых», технологических зонах под листом между экранами

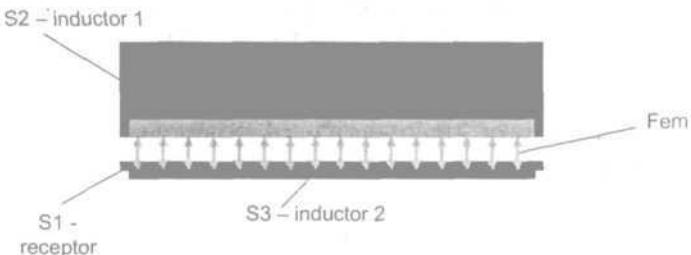


Рис. 19.10. Второе решение на основе применения одностороннего адгезивного посредника в виде пленки (удаляемой при разрезании листа на экраны)

Спорный вариант «идеального» решения: ферромагнитные частицы добавляются в эпоксидный клей S3. Проблема состоит в нарушении требуемых свойств слоя эпоксидного клея.

Идея 06. Двойное магнитное поле

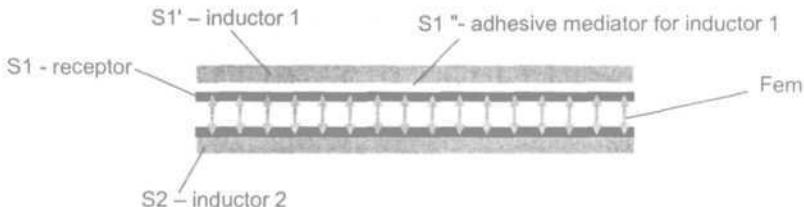


Рис. 19.11. Решение на основе двух магнитных полей: в верхней и нижней платформах

Специальная пластина-посредник с управляемыми электромагнитами S1' прикрепляется к верхнему листу на основе адгезии. В нижней платформе имеются электромагниты S2, которые создают поле такой же полярности, что и верхние электромагниты. Благодаря этому, возникает эффект левитации, то есть верхний лист висит над нижним листом.

После создания вакуума параметры токов электромагнитов изменяются так, чтобы верхний лист аккуратно опустился на нижний. Затем с помощью изменения полярности тока и магнитного поля одной из групп магнитов осуществляется прессование листов непосредственно в вакууме.

ВЕРИФИКАЦИЯ

Экономический эффект от создания новой конструкции без применения электростатического способа составляет около 800 000 долларов США на одну машину. Экономический эффект от сокращения энергопотребления⁸⁶ оценивается дополнительно в миллион долларов в течение от 3 до 5 лет.

⁸⁶ Кроме рассмотренных, имеются и другие, еще более эффективные решения.

Пример 127. Ортопедическое изобретение (87) FITBONE®

Общее описание проблемы

Известны разнообразные конструкции для удержания в правильном положении и постепенного удлинения кости после тяжелой травмы. Некоторые из таких конструкций относительно сложны, а их применение создает неудобства и болевые ощущения для пациента. Проблема является очень сложной, имеющей историю в несколько десятилетий. Можно ли улучшить некоторые из таких конструкций?

Рассмотрим реинвентинг усовершенствования одного из ортопедических устройств (рис. 19.12), созданных по методу Г.А. Илизарова (88). Для создания FITBONE изобретатель доктор Т. Байер успешно применил ТРИЗ и МАИ.

ДИАГНОСТИКА

Исходная конструкция «держателя» состоит из стержней, связанных в единое целое с помощью сборных колец. Вся конструкция может постепенно увеличиваться по длине при постепенном изменении длины стержней.

Разрывы в кости, полученные при травме, заполняются фрагментами кости, взятыми у самого пациента и подготовленными специальным образом.

Одной из проблем применения этой конструкции является трудоемкость ее «настройки», что может иметь следствием появление ошибок в форме восстанавливаемой кости.

Еще одной проблемой является наличие многочисленных открытых ранок от спиц, проходящих сквозь кожу до кости. Это может иметь следствием попадание в ранки инфекций.

Наконец, эта конструкция ограничивает подвижность пациента и причиняет значительные болевые ощущения.

РЕДУКЦИЯ

Оперативная зона и ресурсы

OZ: кость. OT: время удержания и растяжения.

Индуктор и рецептор

Индуктор — стержни и спицы растягивающей конструкции. Рецептор — кость.

⁸⁷ Торговая марка, рисунки и исходные материалы принадлежат компании Wittenstein intens AG. Германия. См. также материалы изобретателя Dr. T.Bayer: TRIZ in der WITTENSTEIN AG. — 4th European TRIZ-Congress, 2005; дополнительный источник: magazine «DER SPIEGEL», No. 30. June 2005 and www.fitbone.de.

⁸⁸ Академик Гавриил Абрамович Илизаров (1921 — 1992) — выдающийся ортопед и деятель медицины

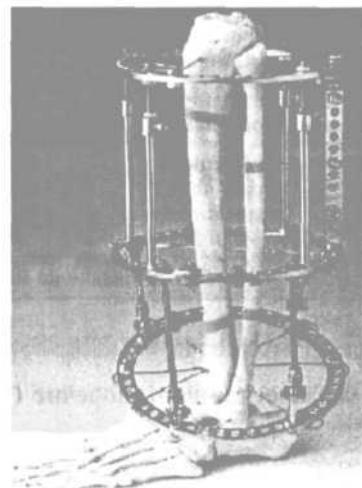


Рис. 19.12. Один из «держателей» по методу Г. А. Илизарова для удержания и растяжения кости

Технические противоречия для метода CICO

Полное описание проблемы связано с выявлением и формулированием многих противоречий. В учебных целях приведем только некоторые из них. После этого возможно применение метода CICO.

№ TP	Действие, состояние, объект						
	Удержание кости для растяжения						
	(+)-фактор			(-)-фактор			
1	Инфекции; ограничение подвижности и помехи для сна	1 4	Вредные факторы са- мого объекта	Большое время с открытыми ран- ками	23	Время действия подвижного объ- екта	07, 21, 31, 38
2	Инфекции; ограничение подвижности и помехи для сна	1 4	Вредные факторы са- мого объекта	Применение зна- чительных усилий	30	Сила	01, 03, 04, 17
3	Ускорение вы- здоровления	0 1	Производи- тельность	Сложность на- стройки	10	Удобство экс- плуатации	03, 04, 08, 34
4	Инфекции; ограничение подвижности и помехи для сна	1 3	Внешние вредные факторы	Сложность сохра- нение правильно- го положения конструкции	23	Время действия подвижного объ- екта	04, 07, 21, 38

Ранжирование по методу CICO: 04³, 03², 07², 21², 38², 01, 08, 17, 31, 34

Рис. 19.13. Избранные технические противоречия для моделирования проблемы по методу CICO

Физическое противоречие (упрощенный вариант)

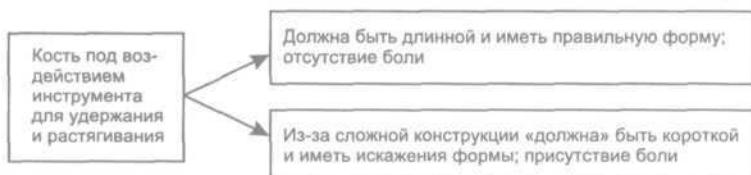


Рис. 19.14. Графическая модель физического противоречия

Идеальный Функциональный Результат

Macro-FIM: X-ресурс, не вносящий нежелательных эффектов и не создающий усложнения системы, обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами получение:

[правильная форма кости (с уменьшением боли, ограничения движения и помех для сна)].

ТРАНСФОРМАЦИЯ

Нетрудно видеть, что доминирующим здесь является ресурс пространства. Рассмотрим первый раздел Каталога фундаментальных трансформаций со специализированными А-Навигаторами (Приложение 7).

№	Принцип трансформации	Связь с А-Навигаторами
1	Разделение противоречивых свойств в пространстве	<p>05 Вынесение: отделить мешающую часть, выделить нужную часть.</p> <p>10 Копирование: использовать упрощенные и дешевые копии или изображения.</p> <p>19 Переход в другое измерение: увеличить степени свободы движения объекта, использовать многоэтажную компоновку, использовать боковые и другие поверхности.</p> <p>22 Сфериальность: перейти к криволинейным поверхностям и траекториям движения, использовать ролики, шарики, спирали.</p> <p>24 Асимметрия: перейти к асимметричным формам, усилить асимметрию.</p> <p>25 Использование гибких оболочек и тонких пленок: вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки.</p> <p>34 Матрешка: разместить объект последовательно один в другом, пропустить объект через полости (пустоты) в другом.</p>

Рис. 19.15. Фрагмент Каталога из Приложения 7

Анализ навигаторов и формирование идей могут быть сделаны в следующем виде.

В соответствии с навигатором 05 было бы целесообразно внести X-ресурс как можно ближе к кости (внести в оперативную зону!).

В соответствии с навигатором 10 возможно применить какой-то X-ресурс наподобие самой восстанавливаемой кости (?).

Навигатор 19 может быть интерпретирован как рекомендация рассмотреть не только внешние поверхности кости, но и внутренние (дополнительное оперативное пространство! Но разве это возможно?).

После рассмотрения навигатора 19 навигатор 34 Матрешка уже не выглядит странным и совершенно непригодным для развития новой конструкции. Действительно, возможен ли такой X-ресурс, который обеспечил бы растяжение кости ... изнутри самой кости (!?).

Аналогично можно рассуждать при рассмотрении навигаторов из результирующего кластера по методу CICO. Тогда обобщенный «портрет» будущего решения может быть описан по «фрагментам» и «проекциям» в следующем виде:

04 Замена механической среды — Да! Нужно использовать электрические, магнитные или электромагнитные поля для управления новым X-ресурсом в оперативной зоне около или внутри (!?) кости;

07 Динамизация — Да! Нужно в любом случае сделать параметры X-ресурса (индуктора) и кости (рецептора) изменяемыми и управляемыми для согласовать оптимального увеличения длины кости при растягивании!

08 Периодическое действие — Интересно! Возможно, нужно перейти от непрерывного воздействия к периодическому (импульльному), чтобы создать небольшие удлинения кости без значительных болевых ощущений?

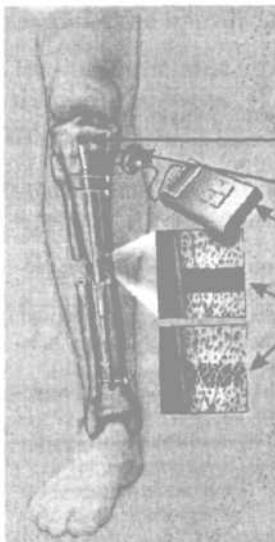


Рис. 19.16. Новое решение на базе навигаторов 04, 07 и 34

17 Применение композиционных материалов — Да, в любом случае нужно обеспечить совместимость материалов с тканями и костью;

31 Применение пористых материалов — Интересно! Это выглядит как рекомендация дополнительно применить пористые элементы (вставки, оболочки и т. п.) для фиксации X-ресурса снаружи или внутри кости;

34 Матрёшка — Действительно, а почему бы и нет, в конце концов! Почему бы не быть X-ресурсу конструкцией внутри кости!

Примем во внимание, что и после анализа таблицы на рис. 19.15 навигатор 34 Матрёшка выглядел вполне обещающе.

Вместе с навигаторами 04, 07 и 31 идея разместить конструкцию внутри кости выглядит перспективно!

Главная итоговая идея (рис. 19.16): реализовать растягивающее устройство в виде специального управляемого стержня (обозначенного на рисунке как FITBONE®), вставленного в кость и увеличивающегося по длине с помощью встроенного микро-мотора и миниатюрной трансмиссии.

ВЕРИФИКАЦИЯ

Оба вида противоречий — техническое и физическое — устранены. Конструкция обеспечивает надежное, легко контролируемое и управляемое растяжение и поддержание правильной формы кости.

Сильный сверх-эффект: метод намного безболезненней.

Изобретатели сообщают, что обеспечивается рост кости примерно на 1 мм в сутки. Через небольшое время пациент начинает нормально спать, умываться и даже работать.

Конечно, в реальности все происходит не так просто, как в учебном примере. Но наша задача состояла в том, чтобы воспроизвести и показать шаги по созданию реального изобретения с помощью ТРИЗ и при движении по этапам Мета-Алгоритма Изобретения.

Кроме этого, автор должен напомнить, что для решения проблем большой сложности, особенно таких, как в последнем примере, наряду с ТРИЗ безусловно необходимы специальные знания. Так, при решении проблем первого примера автор опирался на поддержку со стороны специалистов компаний, производящей упомянутые машины для сборки жидкокристаллических экранов. А при решении второй проблемы изобретатели и инженеры-биомеханики работали совместно с врачами — специалистами в хирургии и протезировании.

Практикум к разделам 18–19

49. «Увидеть» невидимое. Вспомните, каким образом врач в рентгенкабинете настраивает рентгенаппарат, чтобы получить снимок только нужной области тела. Ведь чувствительная пленка находится в закрытой коробке, устанавливаемой к тому же за пластмассовой доской, на которой, впрочем, также нанесена вспомогательная разметка для грубого позиционирования тела относительно невидимой пленки. Какие приемы применены здесь?
50. Допустить «невозможное». Предположим, что геокосмический индустриальный комплекс использует космическую транспортную систему (КТС) А. Юницкого. Индустриальное кольцо вынесено на высоту, например, 1000 км. Между кольцом и Землей курсирует КТС. Можно допустить, что в космосе функционируют несколько индустриальных колец и несколько КТС (попробуйте нарисовать эти ситуации). Вопросы:
- 1) Можно ли установить промежуточное кольцо между существующими кольцами при старте КТС с Земли?
 - 2) Можно ли опустить промежуточное КТС на Землю?
 - 3) Как можно осуществлять обмен веществом и энергией между Землей и ближайшим индустриальным кольцом при наличии нескольких промежуточных КТС?
 - 4) Как могут обмениваться соседние и несоседние индустриальные кольца веществом и энергией на основе КТС или иными способами?
 - 5) Может ли быть КТС или индустриальное кольцо запущено или переведено на полярную орбиту (движение в плоскости, перпендикулярной по отношению к плоскости экватора и проходящей через Северный и Южный полюсы)?
 - 6) Какие проблемы обеспечения технической надежности, безопасности и живучести КТС и индустриальных колец нужно решить?
51. Понять «непостижимое». Известно, что винтовую лестницу строили, чтобы сэкономить место в доме или, например, в башне храма или замка. Она обычно крутая и относительно узкая. На ней трудно разминуться, если кто-то поднимается, а кто-то спускается. Можно ли удвоить пропускную способность винтовой лестницы, не меняя диаметра сооружения?
52. Достойные цели. Хотите ли Вы и сможете ли решить следующие проблемы:
- 52.1. Обеспечить Землю чистыми продуктами питания.
 - 52.2. Обеспечить Землю чистыми видами энергии.

-
- 52.3. Выравнивание уровня жизни на планете и установление глобальных принципов развития и прогресса.
 - 52.4. Обеспечить защищенность людей от асоциально-направленного информационного влияния (особенно, скрытого и медленно действующего) через средства массовой информации: радио, телевидение, пресса, кино, аудио- и видеопродукция, литература и т. д.
 - 52.5. Обеспечить безопасность автомобильного транспорта.
 - 52.6. Обеспечить безопасность полетов авиалайнеров.
 - 52.7. Исключить открытый или скрытый захват власти в регионе или над планетой асоциальными элементами.
 - 52.8. Устранение терроризма или защита от терроризма — в школах, общественных местах, на уровне региона или государства.
 - 52.9. Устранение всех или наиболее опасных видов преступности.
 - 52.10. Устранение наркомании.
 - 52.11. Устранение никотиновой зависимости.

Развитие ТРИЗ

Прогресс держится на творчестве и зависит от концентрации талантливых людей в каждом поколении. Творческой личности необходимо уметь решать сложнейшие задачи...

Сегодня время работает на ТРИЗ.

Первое поколение разработало основы. Но оно не имеет той свободы, раскованности, которая нужна для истинного исследования.

Нужно второе поколение разработчиков. Теперь слово за исследователями. Смелыми, дерзкими, способными сохранить то, что важно, то, что достойно сохранения на новом этапе, и смело выбросить все остальное.

Сегодня теория переросла свое название, но в силу традиций пока не получила новое.

Сейчас впереди новая эпоха ТРИЗ⁸⁹.

Генрих Альтшуллер

⁸⁹ Составлено мной по работе [8] — М. О.

20. Выбор стратегии: человек или компьютер?

20.1. ТРИЗ-знания: стратегии развития и применения

Огромное достоинство ТРИЗ как системы знаний состоит в том, что основные принципы ТРИЗ не устареют. Они инвариантны во времени! Действительно, не приходится сомневаться в неизменности главного открытия ТРИЗ — принципа противоречия в развитии систем и в создании изобретения как преодоления главного противоречия проблемы. Не приходится сомневаться и в основных закономерностях и приемах ТРИЗ. Также инвариантным останется и Мета-Алгоритм изобретения, Стареть могут только примеры изобретений, так как они больше связаны с конкретным уровнем развития инженерных и общенаучных знаний, с конкретно-историческим уровнем развития технических систем. Так инвариантна арифметика, независимо от того, рассчитывается ли время поездки на автомобиле на работу или траектория полета на Марс. На рис. 20.1 приведены оценки темпов старения различных знаний.

Вопрос состоит в том, чтобы определить, в каких направлениях могут и должны развиваться ТРИЗ-знания. В качестве альтернативных стратегических тенденций можно указать следующие:

- 1) ориентация на изобретение инноваций человеком;
- 2) ориентация на формальный синтез решений компьютером.

Второе направление на самом деле практически полностью опирается на формализацию процедур синтеза инноваций интеллектом человека. Правда, ряд математических моделей, в частности, моделей распознавания образов и моделей многокритериальной оптимизации, обещают сделать процесс компьютерного синтеза идей достаточно обоснованным и эффективным.

Но можно указать, по крайней мере, на следующие принципиальные нерешенные проблемы компьютерного синтеза идей:

- 1) автоматическое формирование функциональной идеальной модели как цели инновации и трансформации;
- 2) автоматическое формирование и учет социально-значимых (этических, экологических, эстетических и других гуманистически-ориентированных) аспектов.

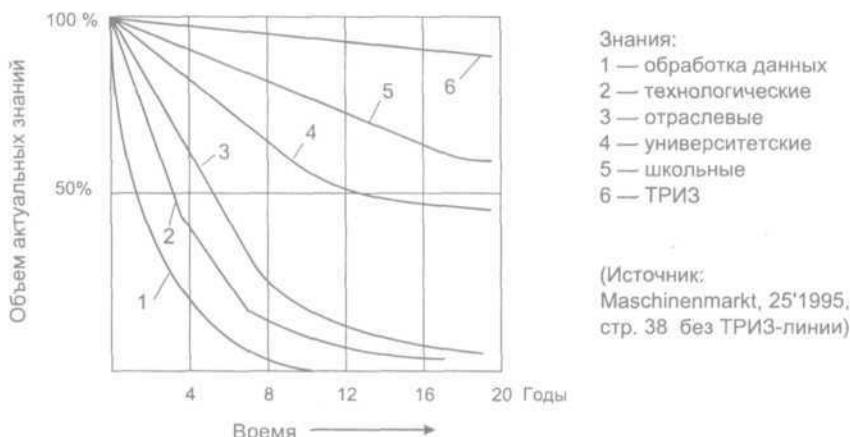


Рис. 20.1. Оценки старения знаний: Знания: 1 — обработка данных; 2 — технологические; 3 — отраслевые; 4 — университетские; 5 — школьные; 6 — ТРИЗ.;
(Источник: Maschinenmarkt, 25'1995, стр. 38 — без ТРИЗ-линии)

Одним словом, машина не может пока делать главное — изобретать социально-ценный образ будущего. Это способен делать только человеческий интеллект.

Г. Альтшуллер указывал также следующее: «Простые задачи решаются буквальным преодолением физического противоречия, например, разделением противоречивых свойств во времени или в пространстве. Решение сложных задач обычно связано с изменением смысла задачи — снятием первоначальных ограничений, обусловленных психологической инерцией и до решения кажущихся самоочевидными. Для правильного понимания задачи необходимо... ее решить (!): изобретательские задачи не могут быть сразу поставлены точно. Процесс решения, в сущности, есть процесс корректировки задачи.» И это переосмысление содержания задачи может делать только человек!

Означает ли это, что стратегия развития ТРИЗ-знаний должна быть ориентирована на разработку методов, ориентированных только на использование интеллектуально-психических ресурсов человека?

Опыт работы автора с системами искусственного интеллекта и разработки таких систем для CAD/CAM, опыт применения и разработки ТРИЗ-моделей и ТРИЗ-softвера показывает, что центр тяжести исследований должен находиться ближе к первому направлению: поддержка синтеза идей человеком. При этом компьютерные системы являются неотъемлемым инструментом творчества человека. То есть автор следует наиболее мощному приему ТРИЗ — интеграции альтернативных систем с получением позитивного системного сверхэффекта.

Компьютер может и должен освободить человека от рутинной и невыполнимой в ограниченное время работы, например, по поиску аналогов в патентном фонде или для доступа к различным знаниям, хранящихся в эн-

циклопедиях. Процедуры доступа должны включать описание цели и критерии поиска, а также сами методы поиска, обеспечивающие эффективную селекцию знаний и экстракцию нужных знаний применительно к целям синтеза новых идей.

До настоящего (до 2006 года) остается малоизученным и малопродуктивным направление создания компьютерных систем психологической поддержки процесса творчества, и особенно, инновационной и изобретательского творчества.

Таким образом, можно указать следующие фундаментальные направления развития ТРИЗ-знаний, ориентированных на поддержку инновационной деятельности человека интеллектуальными компьютерными системами:

- 1) создание систем обработки знаний для инновационной и изобретательской деятельности;
- 2) создание универсальных и специализированных прикладных систем на основе ТРИЗ;
- 3) интеграция ТРИЗ-систем с другими системами поддержки деятельности человека, например, с системами образования, проектирования, управления, научных исследований;
- 4) создание систем психологической поддержки инновационной и изобретательской деятельности;
- 5) создание систем поддержки социально-ценностной ориентации человека с учетом закономерностей, ограничений и целей экологического и социального прогресса.

Особым фундаментальным направлением является расширение ТРИЗ-трансфера в сферы искусства, менеджмента, воспитания. ТРИЗ может сыграть выдающуюся социально-значимую роль в развитии широкого движения с целью воспитания творческих личностей, начиная с детского возраста. Как психолого-педагогическое кредо этого последнего по упоминанию, но не по важности, направления, приведу высказывания самого Г. Альтшуллера⁹⁰: «Обычно мы живем по трехзвенной схеме: работа — деньги — удовольствия. Творческий стиль жизни предусматривает сокращение среднего звена, избыточного для схемы творческая работа — удовольствия. Удовлетворение приносит сам процесс работы».

Творчество — это возможность самовыражения, самопознания, познания окружающего мира, принесения добра этому миру. Творчество — это путешествие в страну мечты. Разве можно мечтать за деньги?

Творческий труд избирается человеком по доброй воле. Нельзя 15 часов в день добровольно заниматься нелюбимым занятием: это запредельная нагрузка. Переход к творческому ритму жизни возможен только тогда, когда работа

⁹⁰ Так же составлено мной по работе [8] — М. О.

превращается в потребность. Поэтому 15 часов работы воспринимаются как 15 часов удовольствия! 15 часов награды.

...Чего мы хотим? Вообще, в дальнейшем, в целом. Прогресс человечества зависит от концентрации талантливых людей в каждом поколении. Чем выше в поколении процент творческих личностей, тем лучше и выше общество. Это главный параметр общества, который определяет его дела, занятия, возможности, перспективы. Если Эйнштейн занят работой, ему не до агрессии, не до склок в коридоре, он не будет этим заниматься. Это только отнимает время. Можно привести несколько исключений (в смысле отрицательного творчества), но все равно прогресс остается и держится на творчестве.»

20.2. Homo Inventor: человек изобретательный

Поскольку автор отдает приоритет исследованиям и разработкам, стратегически ориентированным на интеллектуально-психическую активность человека при решении проблем и создании инновационных идей, то следует хотя бы кратко объяснить связь развиваемой им творческой методологии с ТРИЗ.

Вопрос о выборе творческого метода является в начале III тысячелетия не менее остродискуссионным, чем до начала христианского летоисчисления.

Действительно, что находится между методом Брэйнсторминг, относящимся к «чистому» искусству, и, например, методом Морфологического анализа, относящимся к «чистой» науке? Оба метода отличаются простотой и универсальностью применения. Однако, они теряют свои преимущества в сложных задачах. И тогда случайный (?) поиск по методу Брэйнсторминг или сплошной перебор по методу Морфологического анализа утрачивают свои преимущества, казавшиеся столь явными.

ТРИЗ создавалась школой Г. Альтшуллера как непримиримая альтернатива методу Проб-и-Ошибка, под которым понималось, фактически, все, что не относилось к ТРИЗ. Для оценки сложности задачи применялся мультиплекативный функционал от размерности шкал переменных факторов. Например, если решение нужно найти в пространстве 5 факторов, каждый из которых может принимать по 10 значений, то пространство перебора содержит 100 000 комбинаций. В качестве примера нередко приводится метод Эдисона, примененный им при создании щелочного аккумулятора, при котором потребовалось провести 50 тысяч экспериментов.

Однако, многие другие не менее известные примеры показывают, что удивительные решения обнаруживались в условиях немыслимой комбинаторной сложности. Это говорит в пользу того, что мозг человека использует не просто и не столько переборные механизмы, а какие-то иные, гораздо более эффективные.

Учитывая эти доводы, представляется вполне философским разрешение этого противопоставления в стиле самой ТРИЗ, а именно, объединением альтернативных подходов.

Целью объединения является обоснованная интеграция методов творчества, считавшихся ранее несовместимыми и взаимно отвергавшимися в различных направлениях. Основой для интеграции служит понимание природы мышления хотя бы в том виде и объеме, какие объективно присутствуют в интегральном взаимодополняющем функционировании левого и правого полушарий мозга и в нейрофизиологической активности полушарий, а также лобных долей при генерации новых идей.

Обобщение этих знаний позволило автору в начале 1990-х годов построить три схемы творческого мышления, которые послужили в дальнейшем основой для практических разработок и проверки самих этих схем. Результаты применения подхода и новые данные о работе мозга подтвердили правильность и полезность этих схем.

Первая схема, приведенная на рис. 20.2, отражает фундаментальные различия лево- и правополушарного мышления и позволяет сформулировать требования к теоретическим и прикладным разработкам:

- 1) время: учет макроритмов мышления и микроритмов функционирования мозга;
- 2) пространство: интеграция логико-алгоритмических моделей с эмоционально-образными, метафорическими;
- 3) эмоции: учет психофизиологических особенностей конкретной личности — мотивация, психологические ресурсы, здоровье, подготовленность.



Рис. 20.2. Функционально-структурная модель асимметричного мозга

Результаты исследования активности мозга, особенно, российской школы нейрофизиологов, стали основой для «топологической модели рождения идеи», представленной на рис. 20.3.

И, наконец, третья схема даст представление об эмоционально-временных явлениях, которые необходимо учитывать в новых разработках (рис. 20.4).



Рис. 20.3. Топологическая модель рождения идеи

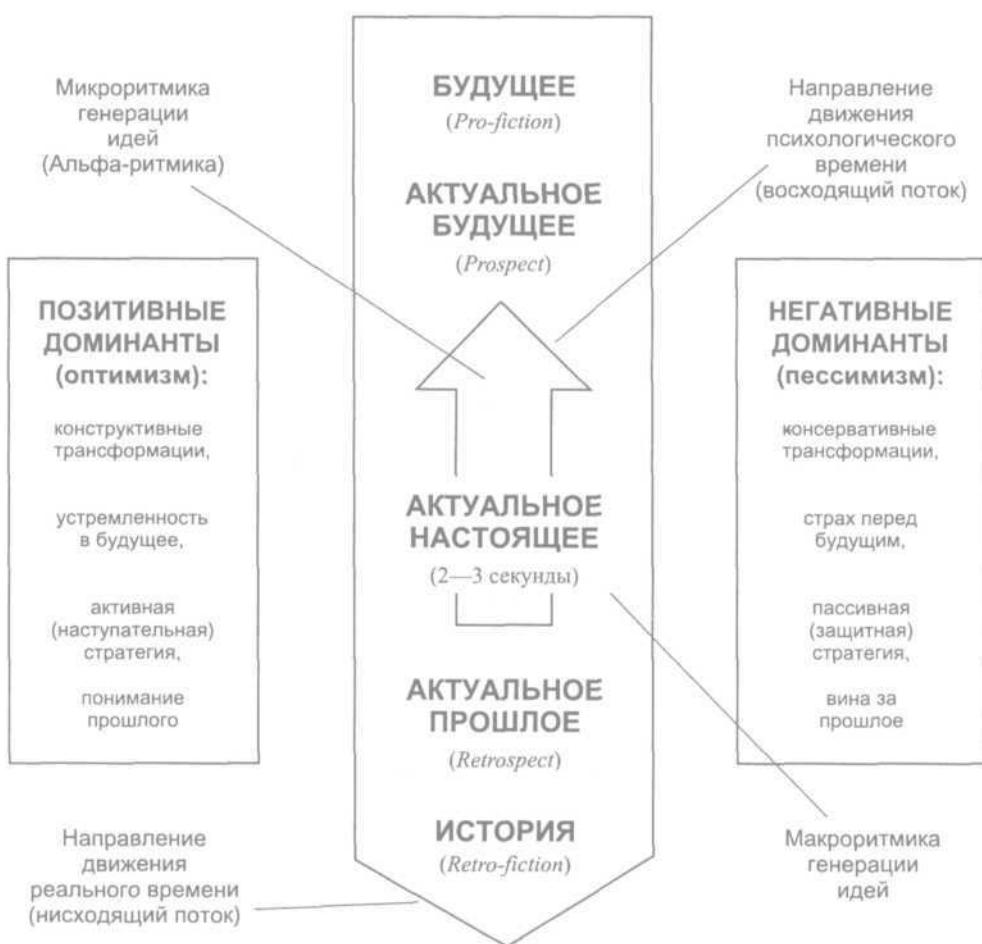


Рис. 20.4. Эмоционально-интеллектуальная динамика творческого мышления

20.3. CROST: пять ядер творчества

Таким образом, интеграция подходов имеет вполне надежные психологические обоснования и обнаруживает с этих позиций и гармоничность, и прагматичность. Начало такой интеграции было положено в конце 1980-х годов автором настоящего учебника в направлении, которое получило название CROST™ — Constructive Result& Resource Oriented Strategy of Thinking& Transforming.

CROST интегрирует следующие концепты:

Constructive — в основе направления лежит ТРИЗ как конструктивная теория и конструктивный инструментарий для управляемого синтеза идей, направленного на преобразование (трансформацию) улучшаемого объекта;

Result&Resource Oriented — подход ориентирован на достижение результата с применением минимально необходимых, наиболее доступных ресурсов, учитывая и интеллектуально-психические ресурсы человека;

Strategy of Thinking&Transforming — подход дисциплинирует и организует мышление в направлении конструктивных, улучшающих трансформаций, отвечающих содержанию и стратегическим целям задачи.

Весь объем знаний, имеющих отношение к мотивам, целям и способам творчества человека, трудно представить какой-то одной схемой. И все же разработанная автором учебника и приводимая ниже схема представляется весьма простой и конструктивной. Благодаря этой схеме, можно увидеть конкретные ступени в развитии методов творчества, связь этого развития с естественноисторической эволюцией общества и Природы. Она рационально дифференцирует знания о творчестве. И что особенно важно, в ней аккумулированы возможности для будущего направленного развития этих знаний.

При разработке под руководством автора нового софтвера эта схема получила метафорическое название Idea Navigator™. Пять ядер дают нам стратегическую основу для конструктивного анализа и синтеза технологий творчества, для практического сопоставления и интегрированного применения «старых» и новых методов.

Пять символов, которые использованы в названии Idea Navigator™, составлены из понятий, образно отражающих основное содержание соответствующего ядра Idea Navigator™.

А теперь построим Idea Navigator™ вместе. И начнем со второй буквы — «В». Ключевые понятия — Brainstorming и Brainwave. Для наших целей уместно принять, что все методы, основанные на догадках и свободных ассоциациях, на полете фантазии и произвольных аналогиях, это и есть Brainstorming, имеющий результатом Brainwave. По сути своей, это методы правополушарного, художественного мышления. Независимо от конкретных версий, Brainstorming нередко определяют как метод «Проб-и-Ошибка». Но абсолютное большинство изобретений за время существования человечества было сделано именно этим, можно сказать, «экспериментально-творческим методом». Поэтому не

будет ли более справедливо определить Brainstorming как метод «Проб-и-Удач» Во всяком случае можно собрать все версии этого направления в одно В-ядро (рис. 20.5).



Рис. 20.5

Мы также имеем возможность связать символ В с именем психолога и педагога, ученого и писателя, Эдварда де Бено, специалиста, который на протяжении уже более 30 лет успешно развивает этот класс методов, придавая ему то характер рационально-направленного поиска, то характер игры и шутки.

Идеи де Бено так же, как и идеи Г. Альтшуллера, далеко не исчерпаны, и мы будем использовать их не только в рамках В-ядра.

В-ядро тесно связано с ядром, научное развитие которого привело к конструктивным результатам только в последние 30—40 лет. Это ядро аккумулирует в себе знания о психике и психологии человека. Ключевым понятием мы избрали понятие доминанты (dominant, dominance), определившее название этого ядра как D-ядра. Именно доминирующая мотивация личности, направленность и конкретные состояния во многом определяют возможности открытия и изобретения нового.

Интуитивно это прекрасно осознавали выдающиеся мыслители во всех известных нам эпохах цивилизации. Другое дело, какие конструктивные, то есть практические и результативные, рекомендации они смогли нам дать. Такие рекомендации чаще носили характер философского осмысления, созерцательного и образного описания процесса и отдельных проявлений творческого акта. Однако в последние несколько десятилетий с появлением исследований о доминантах мышления, о роли и организации совместной работы различных отделов мозга, появились предпосылки к разработке инструментальных рекомендаций для управления и поддержки творческой деятельности.

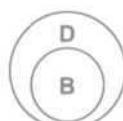


Рис. 20.6

Здесь же важно только указать на вполне очевидную иерархическую взаимосвязь этих двух ядер (рис. 20.6), вместе и неразделимо развивавшихся уже не одно тысячелетие.

И все же принципиальными недостатками «старых» методов В-ядра и тем более D-ядра являлись следующие: случайный, мало управляемый характер поиска новых идей, невозможность передачи накопленного опыта.

Стремительный прогресс технологий и рост знаний с середины XX века потребовали создания адекватных методов творчества. Методов, основанных на закономерностях эволюции технических систем, на закономерностях создания изобретений высокого уровня. Такой подход и был предложен в ТРИЗ, которая строится на фундаменте систематического исследования знаний, аккумулированных в мировом патентном фонде. Конструктивизм этой концеп-

ции заключается в том, что для создания методов и теории изобретения необходимо выявлять конкретные приемы и правила, модели и ресурсы, которые привели к созданию высокоэффективных изобретений. По сути, это методы левополушарного, логического мышления. Свой главный метод Г. Альтшуллер назвал Алгоритмом решения изобретательских задач. Отсюда, а также и от имени автора ТРИЗ, появилось название ядра алгоритмических (algorithmic) методов — А-Ядро.

Ясно, что с этим подходом соседствуют методы систематического конструирования и методы математического (компьютерного) синтеза технических решений в САПР.

Таким образом, в целом мы имеем здесь дело с новым классом методов, дающих стратегию направленного поиска решений и оперирующих с логическими моделями. То есть мы можем говорить о ядре методов преимущественно левополушарного мышления. Именно методы А-ядра становятся стержнем для всех других ядер и должны быть включены в них как обязательное ядро (рис. 20.7).

Во второй половине XX века чрезвычайно обострились проблемы, связанные с сохранением Природы, с обеспечением гармоничного и гуманистического развития человечества, с предотвращением войн, терроризма и преступности, с необходимостью выравнивания развития различных регионов планеты. Проблемы позитивной эволюции цивилизации всегда находились в центре внимания выдающихся мыслителей в истории человечества. Однако именно накануне III тысячелетия эти проблемы приобрели острый характер и требуют безотлагательного решения.

Глобальные проблемы могут быть решены только на основе новых изобретений и открытий. Методы и модели, связанные с творчеством и направленные непосредственно на эволюцию Природы и цивилизации, мы выделяем в отдельное Е-ядро. Ключевые понятия: Evolution и Ecology (рис. 20.8).

Автор сформулировал концепцию интеграции методов А- и В-ядер в конце 1980-х годов. Они должны образовать взаимодополняющий инструментарий. Этот подход соответствует одному из наиболее конструктивных приемов ТРИЗ — интеграции альтернативных систем. Таким образом, появился пример применения приемов ТРИЗ к развитию самой ТРИЗ. Однако, обоснованное и скординированное применение методов из разных ядер требует дальнейшей разработки и экспериментальной проверки.

Эффективное использование современных знаний D- и E-ядер также требует разработки инструментальных моделей и методов. Эти методы должны учитывать прогрессивные цели и категорические ограничения эволюции. Они должны создавать позитивную мотивацию личности и существенно увеличивать творческие возможности человека. Мы полагаем, что к этим проблемам будет привлечено внимание многих новых исследователей.

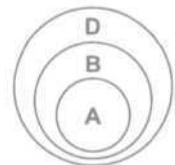


Рис. 20.7

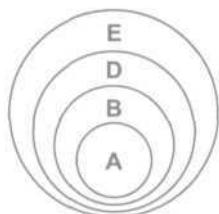


Рис. 20.8

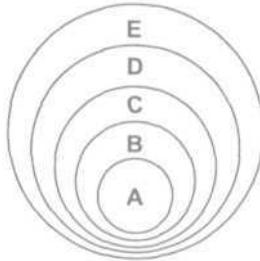


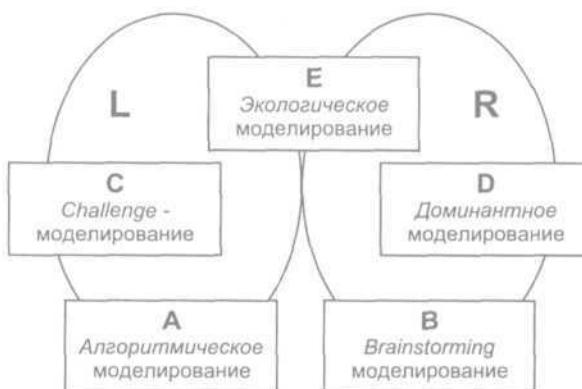
Рис. 20.9

Полому, в TRIZ Idea Navigator™ присутствует еще одно ядро, а именно, С-ядро для конструктивной интеграции моделей. Ключевыми понятиями являются Challenge и Constructivism (рис. 20.9).

В понятии Constructivism мы аккумулируем позитивные, созидательные модели и подходы в оппозиции к деструктивным, разрушительным тенденциям, которые имеют место в обществе, а нередко и в психике человека. Challenge означает решение экстремально сложных проблем на основе моделирования развития систем.

Мы вкладываем в это понятие стремление к открытию нового и в то же время безусловно полезного, конструктивного, как это было, в частности, в истоках русского художественного и архитектурного конструктивизма первой половины XX века, выросшего в течение Европейского конструктивизма, а позднее проявившегося в творчестве многих всемирно известных художников, писателей, композиторов, инженеров и архитекторов.

И в заключение данного раздела расположим полученные системы в соответствии с моделью асимметричного мозга (рис. 20.10).

Рис. 20.10. Связь основных систем *Idea Navigator* с асимметрией мозга

Основные разделы учебника посвящены анализу и систематизации методов А-ядра и в необходимой степени — методов С-ядра (в разделах «Мета-Алгоритм изобретения» и «Стратегия и тактика изобретения»). Методы В-ядра рассмотрены в самом общем виде в разделах «Методы творчества» и «Искусство изобретения». Это объясняется наличием обширной литературы по методам В-ядра. Несмотря на то, что в библиографии приведен ограниченный список публикаций, которые были нам нужны для этой работы, этот список может помочь нахождению других работ на эту тему. Идеи и методы D- и E-ядра представлены фрагментарно по мере их соприкосновения с методами А-, В- и С-ядер. Ограниченный объем учебника не позволил уделить этим моделям необходимое внимание.

21. CAI: Computer Aided Innovation/Invention

21.1. От Invention Machine к CoBrain

В Минске (столица Республики Беларусь, одной из бывших союзных республик экс-СССР) в конце 1980-х годов, после примерно 7 лет экспериментальных работ, по инициативе и под руководством доктора Валерия Цурикова, специалиста ТРИЗ и исследователя, работавшего в области систем искусственного интеллекта, группой энтузиастов был создан пионерский ТРИЗ-софтвер Изобретающая Машина (Invention Machine). К 1991 году было реализовано более 2000 копий.

В 1992 году Валерий Цуриков выехал в США и основал компанию Invention Machine Corp., при этом программирование новой Windows-версии продолжалось в Минске. 1995 год принес фирме большой успех заключением контракта с фирмой Motorola на 3 млн долларов, а в 1996 году фирма Mitsubishi приобрела версию Invention Machine на 18 млн долларов.

В 1997 году ТРИЗ-софтвер Invention Machine вышел в расширенной версии под названием TechOptimizer. Стремительное распространение софтвера TechOptimizer привело к всемирной известности ТРИЗ и сделало фирму Invention Machine Corp. признанным лидером в области CAI — Computer Aided Innovation / Invention.

На начало 2001 года TechOptimizer 3.5 являлся наиболее мощной системой, основанной на ТРИЗ. Инструментальную часть системы представляют четыре подсистемы, основанные на ТРИЗ-моделях: «Principles Module» — реализует А-Матрицу и А-Каталог; «Prediction Module» — реализует ТРИЗ-закономерности развития систем и оригинальные модели трансформации, детализирующие и развивающие модели типа «Стандарты»; «Effects Module» — база знаний технических эффектов; «Feature Transfer Module» — реализует Метод интеграции альтернативных систем.

Исключительно ценной является подсистема «Effects Module». В ней собрано более 4400 (!) эффектов из разных областей знания.

Подсистемы «Product Analysis Module» и «Process Analysis Module» основаны на моделях функционально-стоимостного анализа и помогают правильно формулировать проблемы.

Наконец, подсистема «Internet Assistant Module with Patent Analyzer» впервые дала пользователю возможность доступа к известным патентным и другим фондам через Интернет непосредственно из ТРИЗ-софтвера.

Настоящий учебник принесет Вам несомненную пользу в работе с TechOptimizer 3.5 по следующим обстоятельствам:

- 1) Для работы с софтвером TechOptimizer 3.5 требуется предварительное изучение основ ТРИЗ. В этом отношении настоящий учебник дает необходимые знания для работы с ТРИЗ-подсистемами «*Principles Module*», «*Prediction Module*», «*Effects Module*» и «*Feature Transfer Module*»;
- 2) Существенную помощь пользователю в работе с софтвером TechOptimizer 3.5 окажет знание Мета-АРИЗ и понимание заложенной в него стратегии направленного решения инновационных проблем, так как TechOptimizer 3.5 не содержит такого обобщенного навигатора;
- 3) Знание принципов диагностики проблем, стратегии и тактики изобретения и ТРИЗ-закономерностей развития систем поможет пользователям в работе как с подсистемами «*Product Analysis Module*» и «*Process Analysis Module*», так и с ТРИЗ-подсистемами.

В заключение этого раздела следует обратить внимание читателей на новые выдающиеся инструменты фирмы Invention Machine Corp., а именно, системы Knowledgist, CoBrain и Goldfire Intelligence. Все системы являются мощными семантическими процессорами и предназначены для поиска знаний в патентных и других электронных информационных фондах. Например, система Knowledgist может обеспечить пользователю обращение к базам знаний «*Effects Module*» на естественном языке, при этом с помощью синонимической интерпретации система подберет пользователю наиболее подходящие разделы и примеры. Системы CoBrain и Goldfire Intelligence чрезвычайно эффективны, например, для быстрого просмотра и анализа патентных фондов с целью поиска аналогов, для прогнозирования развития отрасли или оценки конкурентоспособности продукции.

Таким образом, софтвер фирмы Invention Machine Corp. ориентирован на первое и третье фундаментальные направления развития ТРИЗ-знаний — создание систем обработки знаний для инновационной и изобретательской деятельности, особенно для интеграции с системами поддержки проектирования, управления, научных исследований.

Знание ТРИЗ-закономерностей и моделей развития систем по разделу «Стратегия и тактика изобретения», метода реинвентинга и моделей структурирования оперативной зоны обеспечит Вам необходимую целевую ориентацию при работе с системами Knowledgist, CoBrain и Goldfire Intelligence.

Дальнейшую информацию можно получать в Интернет по адресу www.invention-machine.com.

21.2. От Problem Formulator к Innovation Workbench

Выдающийся теоретик ТРИЗ, ТРИЗ-писатель и педагог Борис Злотин прошел большой творческий путь вместе с основателем ТРИЗ Генрихом Альтшуллером. Также в 1992 году состоялся переход Б. Злотина и его школы в США, где с его участием была основана фирма Ideation International Inc.

Консалтинговая деятельность Б. Злотина вскоре принесла дальнейшую известность ТРИЗ в США, а вместе с деятельностью фирмы В. Цурикова стала мощным катализатором как применения ТРИЗ, так и быстрого роста числа консалтинговых и обучающих ТРИЗ-фирм. Так, ряд других ТРИЗ-специалистов, переехавших вскоре из России в США, приняли участие в воссоздании там в 1996 году международного издания *TRIZ Journal* — ранее единственного ТРИЗ-журнала в СССР, выходившего с 1990 года 1–2 раза в год (для сравнения — по 12 выпусков в год в США!).

Фирма Ideation International Inc., начиная с середины 1990-х годов, выпустила несколько софтверных систем, таких как Problem Formulator, Innovation Situation Questionnaire, Ideator, Improver, Anticipatory Failure Determination (AFD), Knowledge Wizard, Innovation Workbench. Так или иначе все системы семейства TRIZSoft фирмы Ideation International Inc. опираются на классические ТРИЗ-модели трансформации, хотя содержат и иные оригинальные инструменты, особенно система AFD, предназначенная для анализа и предупреждения появления системных дефектов. Таким образом, софтвер фирмы Ideation International Inc. ориентирован на второе (и частично, на третье и четвертое) фундаментальное направления развития ТРИЗ-знаний — создание универсальных и специализированных прикладных систем на основе ТРИЗ.

Знакомство с основами классической ТРИЗ по настоящему учебнику, и особенно, с концепцией Мета-АРИЗ и моделями развития систем, позволит Вам, при необходимости, быстро освоить большинство из указанных систем фирмы Ideation International Inc.

Дальнейшую информацию можно получать в Интернет по адресу www.idealitiontriz.com.

21.3. TRIZ Idea Navigator™: интеграция интеллектов

Представленные выше софтверные продукты ориентированы на крупные предприятия, способные организовать непрерывный ТРИЗ-тренинг своих сотрудников. Но применение таких систем средними и малыми предприятиями оказывается далеко не таким простым, поскольку требует длительной предварительной подготовки как по ТРИЗ-основам, так и по достаточно большому числу разнообразных системотехнических методов и моделей, выходящих за рамки ТРИЗ. Все упомянутые выше продукты не содержат единой навигационной системы при поиске изобретательских идей и инновационных решений и не содержат специальных средств психологической поддержки процесса мышления.

Чтобы сделать ТРИЗ более доступным малым и средним предприятиям, не так давно мы начали разработку как можно более простого софтвера. На момент редактирования этой книги ко второму изданию разработано несколько версий нового софтвера под общим названием *Idea Navigator*.

Все версии основаны на Мета-Алгоритме Изобретения (МАИ) и используют «стандартную» форму МАИ для обучения пользователей с помощью примеров, аккумулированных в базе данных софтвера, так и для генерации идей.

Рассмотрим здесь два примера «простейшего» софтвера Idea Navigator и его перспективную версию

21.3.1. Idea Navigator™ EasyTRIZ™

Этот софтвер разработан на базе простейшей версии МАИ под названием SMART (Simplest Meta-Algorithm of Resourceful Thinking) — Простейший Мета-Алгоритм Изобретательского Мышления.

Этот алгоритм (рис. 21.1) применяется нами под названием SMART-2000 Т-Р-И-З много лет (как SMART с конца 1990-х) на тренингах и в реальных проектах по решению проблем как «бескомпьютерный» метод. Именно этот опыт и наблюдение за работой тех, кто только начал изучение ТРИЗ, и привели к идеи создания «простейшего» ТРИЗ-софтвера Idea Navigator™ EasyTRIZ™.

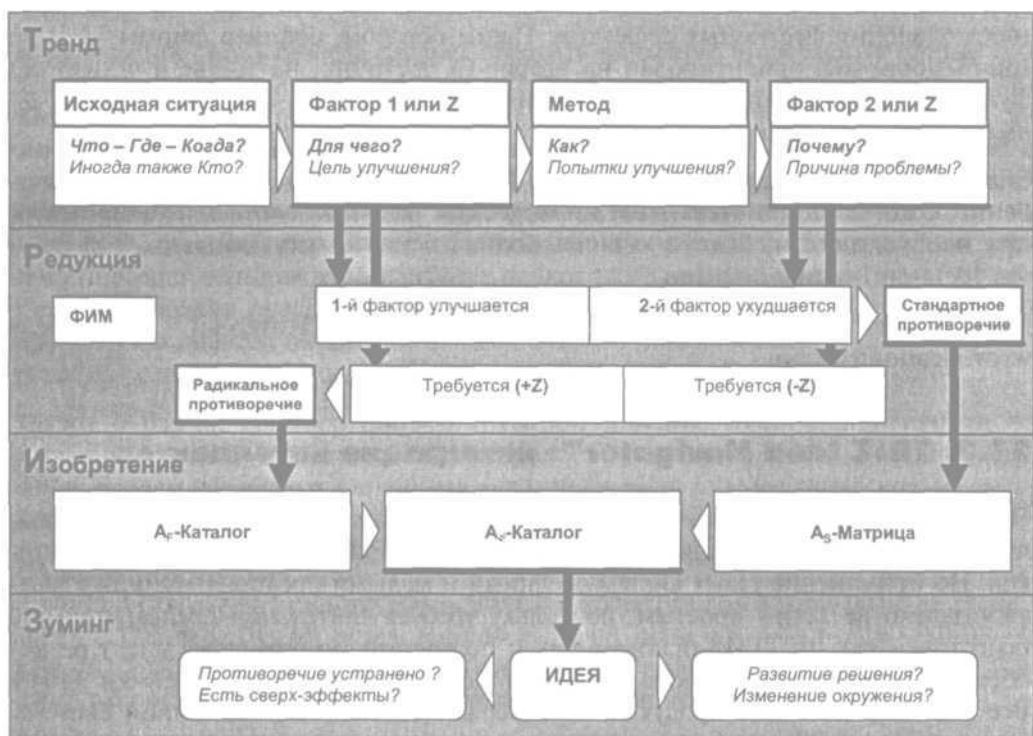


Рис. 21.1. SMART-2000 Т-Р-И-З: «Тренд — Редукция — Изобретение — Зуминг»

Одной из немаловажных методических целей стала идея подобрать такое сочетание названий этапов, чтобы получить достаточно «осмысленное» и запоминающееся раскрытие аббревиатуры ТРИЗ для англоязычного пользователя. Особенно для молодых людей — школьников и студентов. Были подобраны названия «Targeting — Reducing — Inventing — Zooming», дающих в сокращении TRIZ. Автор решил предложить этот эксперимент и для русскоязычного читателя и пользователя.

Итак, первый этап МАИ «Диагностика» был назван в SMART-2000 как «Targeting», что можно перевести на русский как «нацеливание». Но хорошего эквивалента, начинающегося в русском языке с буквы Т, не оказалось. Тогда для русского перевода было решено ввести название «Тренд», совпадающее с английским «Trend» и также неплохо отражающее назначение этапа. Действительно, одна из важнейших задач диагностики состоит в том, чтобы определить цель и, следовательно, направление — тренд — развития системы и решения проблем, связанных с устранением недостатков и причин, мешающих этому развитию. При необходимости, можно было бы для русскоязычного «благозвучия», привычного уху некоторых «ортодоксальных» и «радикальных» тризовцев, применить слово «Теханализ», то есть «технический анализ», но что сделано, то сделано. Кроме того, выбору понятия есть и более глубокое объяснение, сходное выбору новых названий для моделей противоречий (см. дальше).

Второй этап называется «Редукция», что соответствует основному назначению этого этапа в МАИ и не требует дополнительных пояснений.

Третий этап был назван «Изобретение», что также ясно соответствует целям и действиям на этом этапе.

Четвертый этап назван «Зуминг» (в английском — Zooming), что вполне эффективно может быть интерпретировано как изучение новой идеи в различном масштабе и в различном системном окружении подобно изучению географического местоположения на картах разного масштаба или подобно масштабированию (зумингу) при наведении фото- или видеокамеры на объект съемки. Действительно, детальное изучение идеи можно вполне интерпретировать как увеличение масштаба и приближение объекта съемки, а изучение окружения системы или сверх-систем можно интерпретировать с уменьшением масштаба. И само слово «Зуминг» уже достаточно прижилось в русском языке в связи с появлением систем компьютерной графики, а затем цифровых фотокамер и видеорекордеров.

Кроме всего сказанного, достаточно не забывать, что любые названия — это не более чем метафоры, все они метафоричны — более или менее удачно, что покажет время.

Алгоритм SMART Т-Р-И-3» сначала был проверен в течение нескольких лет и в разных странах в его «бескомпьютерной» форме (рис. 21.2). При этом выяснилось, что эта схема является полезной и применяемой также достаточно опытными пользователями для экспресс-решения проблем и для стандартного представления процесса решения при «бескомпьютерной» работе, так сказать, с листом бумаги.

Вторая методическая и маркетинговая идея для EasyTRIZ™ состояла в том, чтобы создать «одноэкранный» софтвер!

Это должен был быть простейший софтвер с единственным (!) экраном для сквозного прохода по алгоритму МАИ при решении «всех» проблем — и ничего больше! Не считая небольшого количества вспомогательных всплываю-

щих окон. А схема алгоритма «Т-Р-И-З» должна все время присутствовать на экране и запоминаться «навсегда».

Софтвер поддерживается специально написанным для этого уровня пользователей, простым, но достаточно строгим в определениях учебником под названием EasyTRIZ(91) («Нетрудный ТРИЗ»).

Скрин-шот основного экрана софтвера Idea NavigatorTM EasyTRIZTM показан на рис. 21.3.

В этом софтвере также используются новые названия для «классических» понятий «Техническое противоречие» и «Физическое противоречие». «Классические» названия для бинарных моделей противоречий не подходят для многих практических ситуаций, которые не относятся к техническим объектам, особенно с участием человека.

Так для замены понятия «Техническое противоречие» на английском языке хорошо подходит «Standard contradiction». Смысл нового названия в том, чтобы указать на способ разрешения этого противоречия, включающего подбор подходящих названий конфликтующих свойств (плюс- и минус-факторов) из «стандартных» 39 факторов и ведущих к выбору «стандартных» навигаторов (приемов) для разрешения именно этого «стандартного» противоречия.

Для замещения понятия «Физическое противоречие» вполне подходит «Радикальное противоречие». Во-первых, модель этого противоречия лежит в основе, в «корне» любого «Стандартного противоречия», а во-вторых, разрешение этого противоречия, если уж не удалось решить проблему на уровне «Стандартного противоречия», возможно исключительно путем радикальной трансформации исходной ситуации на основе четырех фундаментальных навигаторов — одного, двух или в иных сочетаниях.

Названия «Стандартное противоречие» и «Радикальное противоречие» были введены после немалых обсуждений и поисков. Но они открывают возможность их универсального применения для любых без исключения ситуаций и объектов без всяких натяжек и неудобств при интерпретации, особенно применительно к межперсональным конфликтам.

При соответствующем расширении типов примеров в софтвере (либо при дополнении специальными учебными пособиями) он может стать универсальным средством для обучения основам ТРИЗ школьников и студентов, специалистов любого профессионального направления.

Подготовка и запись информации о процессе решения задачи реализуется на бланке, структура полей которого близка к полному SMART-формату (рис. 21.2).

Некоторые другие версии софтвера Idea Navigator также используют SMART Т-Р-И-З.

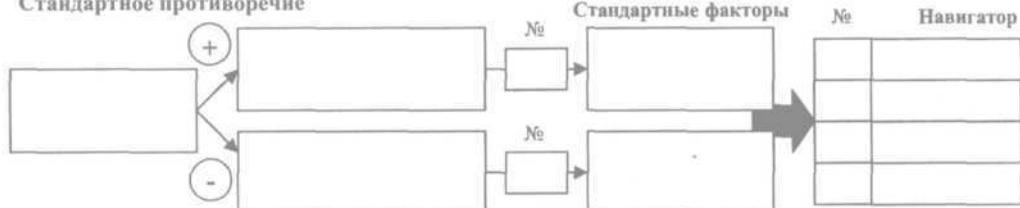
⁹¹ www.easytriz.com

НОМЕР ЗАДАНИЯ _____ ОБЪЕКТ _____
ТРЕНД

РЕДУКЦИЯ

ФИМ: X-ресурс, не вызывая недопустимых негативных эффектов, обеспечивает вместе с другими имеющимися, возможно, измененными, ресурсами, получение

Стандартное противоречие



Радикальное противоречие



ИЗОБРЕТЕНИЕ

ЗУМИНГ

Противоречие устранено?

Да

Het

Сверх-эффект:

Негативный эффект:

Краткое описание вида

СТУДЕНТ **Дата**

ПРЕЧИНОК

Рис. 21.2. Бланк для «бескомпьютерной» работы на основе схемы SMART-2000 Т-Р-И-3

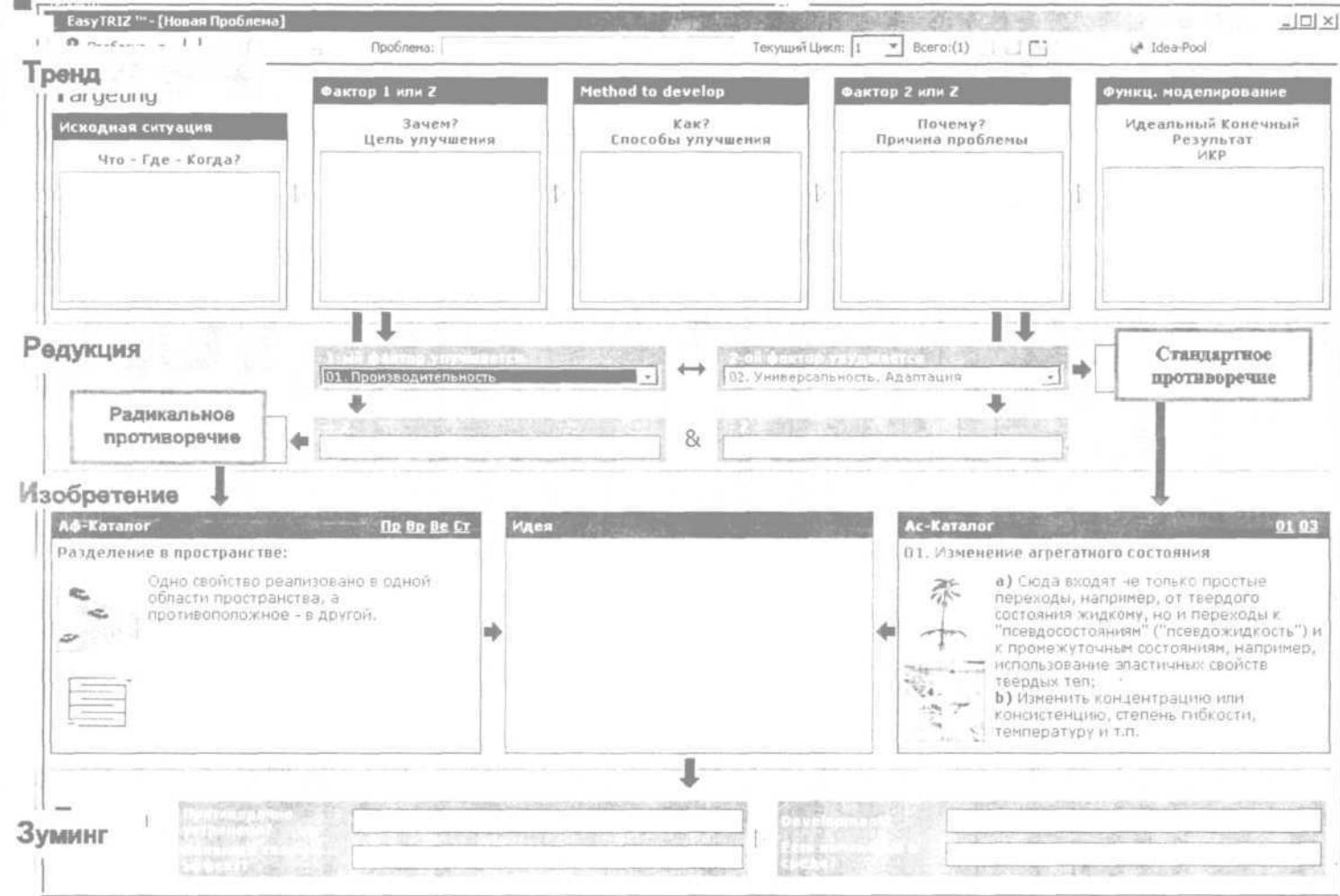


Рис. 21.3. Скрин-шот для однокомпьютерного softвера Idea Navigator™ EasyTRIZ™ на основе SMART-2000 Т-Р М-3

21.3.2. Idea Navigator™ HandyTRIZ™

Этот софтвер⁹² также разработан на основе SMART-2000.

В отличие от EasyTRIZ™, софтвер Idea Navigator™ HandyTRIZ™ включает инструменты из трех студий А, В и С (рис. 21.4) и ориентирован на профессиональное применение инженерами и исследователями, знакомыми с основами ТРИЗ.

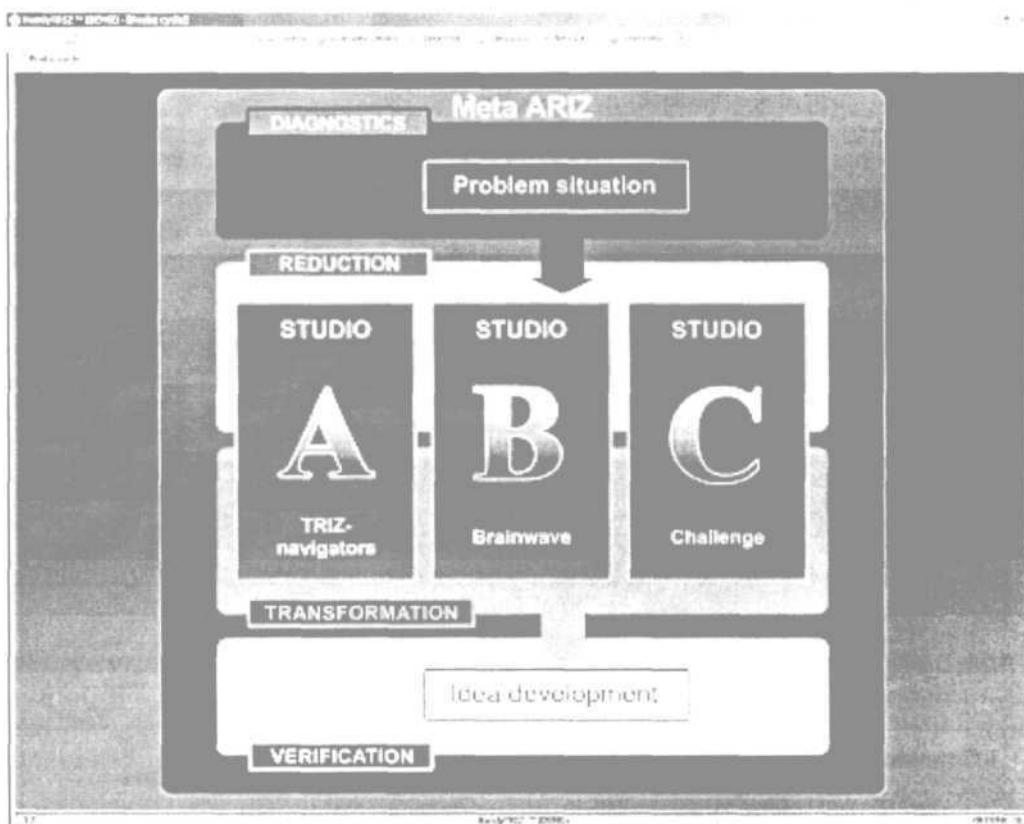


Рис. 21.4. Скрин-шот экрана МАИ софтвера Idea Navigator™ HandyTRIZ™

Каждая студия использует одну и ту же схему МАИ, но со «своими» инструментами.

Студия А включает все главные А-навигаторы. Используются также и новые инструменты, разработанные в последнее время на основе А-Матрицы.

Студия В включает метод «Размер — Время — Стоимость» и матрицу для брейнсторминга.

Студия С включает наиболее популярные инструменты на базе линий развития ресурсов.

⁹² www.handytriz.com

Работа в каждой студии поддерживается Проект-навигатором (рис. 21.5), который автоматически записывает информацию, созданную пользователем в процессе решения задачи. При этом регистрация любой информации реализуется в одной и той же стандартной МАИ-структуре.

Каждый пример для пояснения действия любого навигатора имеет МАИ-формат (см. далее Примеры 128 и 129). Этим задается стандартный формат для решения проблемы как начинающим, так и профессиональным пользователем.

Специальные всплывающие окна используются для промежуточных записей и для записи новых идей. Все окна могут быть «свернуты», если временно не используются (см. рис. 21.5, на котором окно «Идея» свернуто в «линию»).

«Ведущим» окном является окно SMART-навигатора, появляющееся на экране справа (рис. 21.6). Оно помогает пользователю легко ориентироваться в его текущем «положении» на определенном этапе МАИ и «вспоминать» применяемый инструмент в процессе решения. Если SMART-навигация временно не нужна, то это окно сворачивается либо удаляется с экрана.

В дополнение к инструментам указанных трех студий всплывающее окно «Доминатор» (рис. 21.5) реализует также один из простейших инструментов

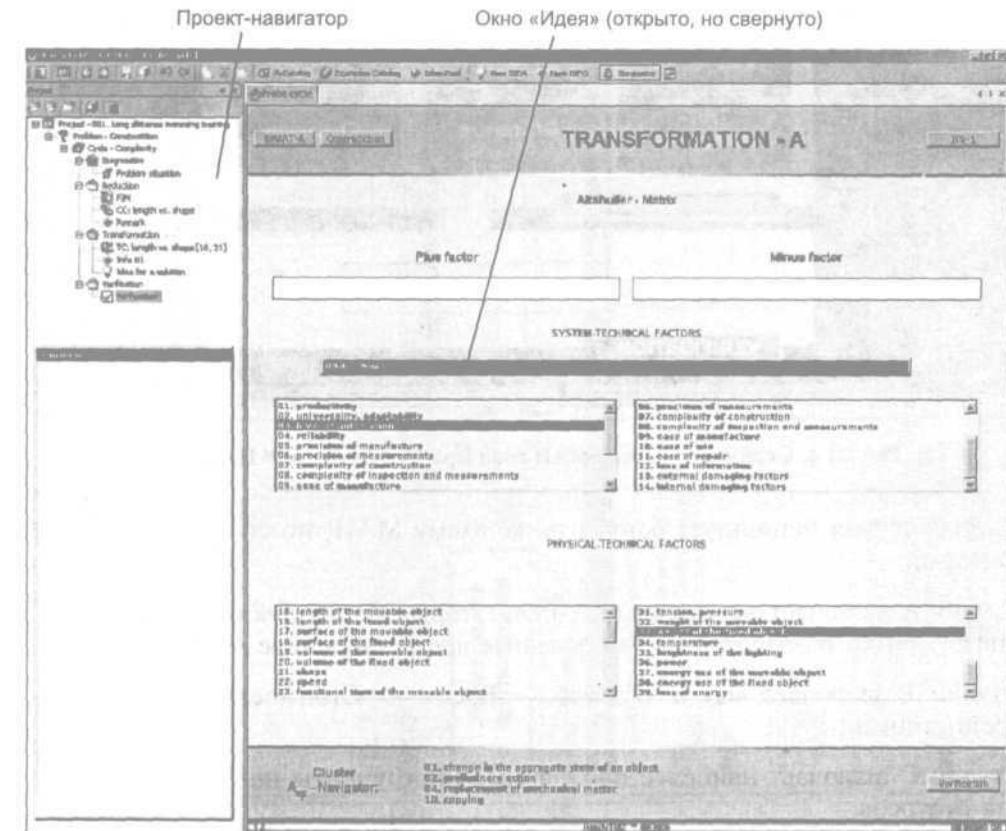


Рис. 21.5. Копия экрана «A-Трансформация» софтвера Idea Navigator™ HandyTRIZ™

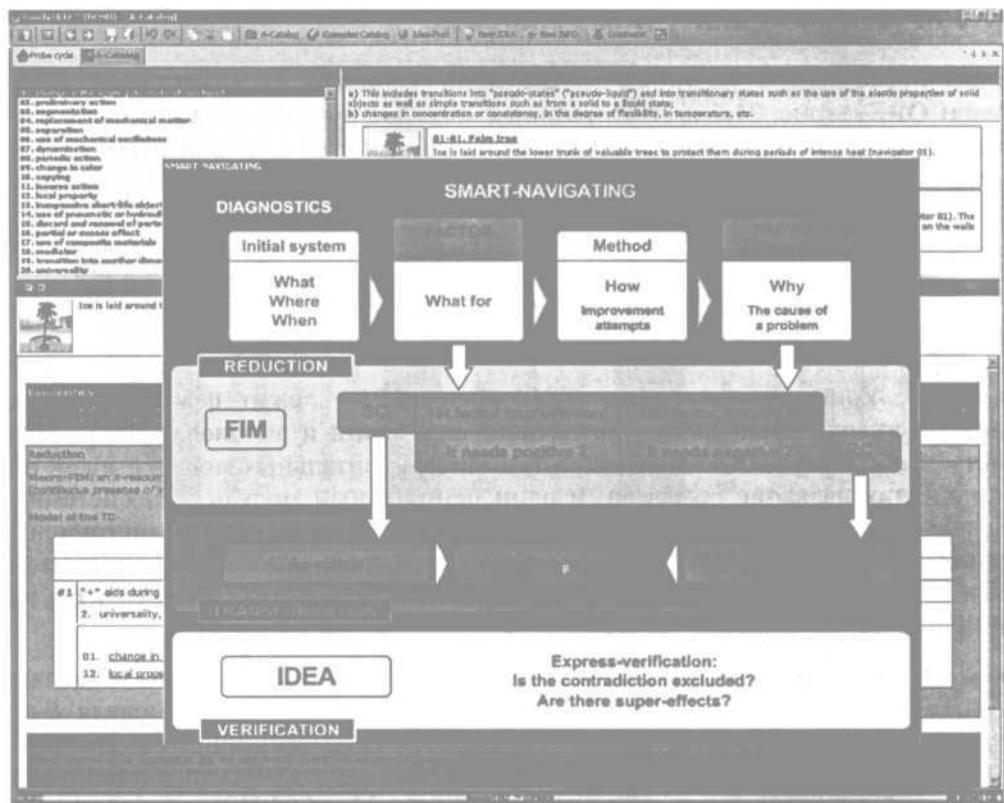


Рис. 21.6. Копия окна «A-Каталог» софтвера Idea Navigator™ HandyTRIZ™ с всплывающим окном SMART

D-студии, а именно, психологическую поддержку на основе цветовой стимуляции. В этом окне пользователь может задавать цвет, который соответствует его субъективному предпочтению на том или ином этапе МАИ, либо при применении определенного инструмента.

Здесь реализована «динамизация» известного метода де Бено Six Thinking Hats (Шесть Мыслительных Шляп), так как можно менять цвета для разных «творческих фаз». Для отдыха или стимуляции мышления можно раскрывать окно «Доминатор» на весь экран.

Весьма важно то, что стандартная структура МАИ используется для навигации во всех версиях софтвера. Благодаря этому, пользователь может легко переходить к следующей версии по мере накопления достаточного опыта при работе с предшествующей версией.

Комбинирование инструментов трех студий дает пользователю большую свободу в управлении процессом решения проблемы.

Софтвер Idea Navigator™ HandyTRIZ™ занимает промежуточное положение между софтвером EasyTRIZ™ и наиболее продвинутой версией TRIZ PentaCORE™, которая описывается далее.

21.3.3. Idea Navigator™ TRIZ PentaCORE™

Ниже представлена укрупненная структура софтвера Idea Navigator™ TRIZ PentaCORE™ (рис. 21.7 и 21.8), развивающегося под руководством автора и предоставляющего пользователям максимальные удобства для творческого решения инженерных проблем на основе интеграции самых мощных и проверенных практикой теорий и методов.

По совокупности функциональных свойств и по уровню системной интеграции TRIZ PentaCORE™ является пионерским софтвером, не имеющим аналогов.

В основе концепции софтвера TRIZ PentaCORE™ лежит фундаментальная идея интеграции рационально-логического интеллекта и эмоционального интеллекта. TRIZ PentaCORE™ содержит пять инструментальных модулей-ядер, определивших название софтвера, и один центральный модуль общесистемной навигации (рис. 21.7). Модули называются студиями, модели и инструменты которых человек выбирает и применяет в своем творчестве. Важнейшие модели и инструменты студий, приведенные на рис. 21.8, в TRIZ PentaCORE™ называются навигаторами (см. раздел 6. От практики к теории).

Важную роль для интеграции интеллектов играют два навигатора из управляющего F-Модуля: Мега-Навигатор и Мета-Навигатор. Название модуля F определяется его прямым отношением к фундаментальному понятию абстрактной алгебры и конструктивной математики Functor (сложное преобразование между категориями, чему строго соответствует Мета-АРИЗ) и определению Frontal, ассоциативно указывающему на связь с фронтальными (лобными) отделами мозга, ответственными за генерацию идей (см. рис. 20.2, 20.3 и 20.10).

Мега-Навигатор опирается на таблицу выбора стратегии и стиля мышления (приводится в сокращенном виде на рис. 21.9).

Мета-Навигатор реализует функции Мета-АРИЗ (см. раздел 7.2. Мета-Алгоритм изобретения). При этом в цветовой гамме оформления (рис. 21.10) и в инструкциях к применению Мета-Навигатор интегрирует идею навигации мышления по де Бено под названием «Six Thinking Hats» — «Шесть мыслительных шляп». В основе этой идеи лежит управление эмоциональным интеллектом в процессе творческого поиска решения проблемы.

Мета-Навигатор является инвариантной, а значит, хорошо узнаваемой, структурой для всех студий софтвера TRIZ PentaCORE™. При этом Мета-Навигатор любой студии на фазах Диагностика и Редукция опирается на модели и рекомендации классической ТРИЗ, изложенные в настоящем учебнике.

Таким образом, софтвер TRIZ PentaCORE™ ориентирован на четыре (со второго по пятое) фундаментальных направления развития ТРИЗ-знаний. TRIZ PentaCORE™ является универсальной системой на основе ТРИЗ, интегрирующей также методы психологической поддержки инновационной и изобретательской деятельности и модели закономерностей, ограничений и целей экологического и социального прогресса, и имеющей механизмы для интеграции с другими система-

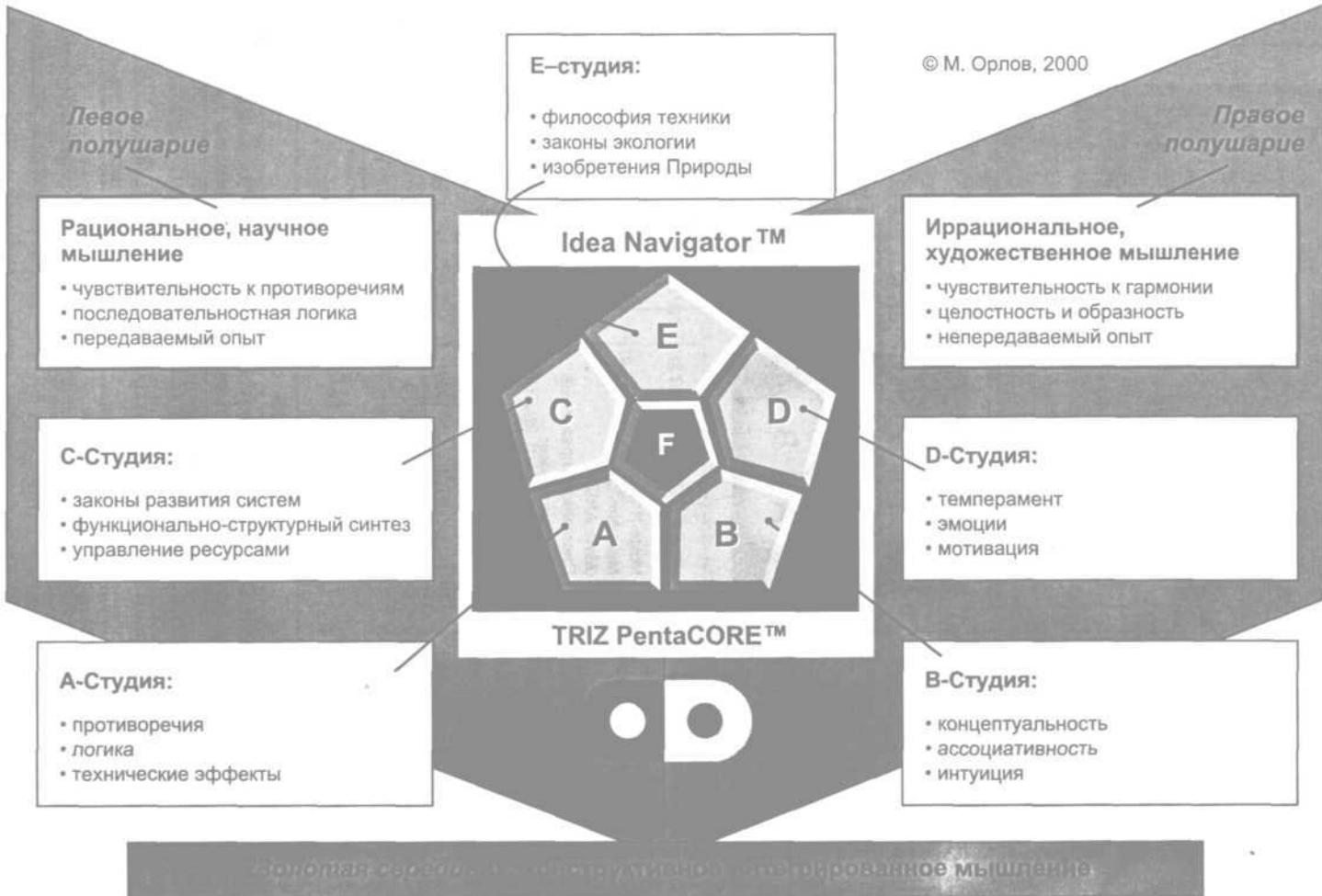


Рис. 21.7. Структура творческих студий в софтвере TRIZ PentaCORE™

Рис. 21.8. Структура софтвера *TRIZ PentaCORE™*

Стратегические уровни мышления	Стратегические стили мышления		
	Мыслитель — <i>Rational Intellect</i>	Конструктивист — <i>The Golden Mean</i>	Художник — <i>Emotional Intellect</i>
Operator	<i>A</i>	<i>AB</i>	<i>B</i>
Tactician	<i>AC</i>	<i>ABCD</i>	<i>BD</i>
Strategist	<i>ACE</i>	<i>ABCDE</i>	<i>BDE</i>
Master	<i>Composite Neuro-Dynamical Navigator of Thinking (C-NDNT)</i>		
Genius	<i>Personal Neuro-Dynamical Navigator of Thinking (P-NDNT)</i>		

Рис. 21.9. Структура Мега-Навигации софтвера *TRIZ PentaCORE™* для интеграции рационально-логического и эмоционального интеллектов

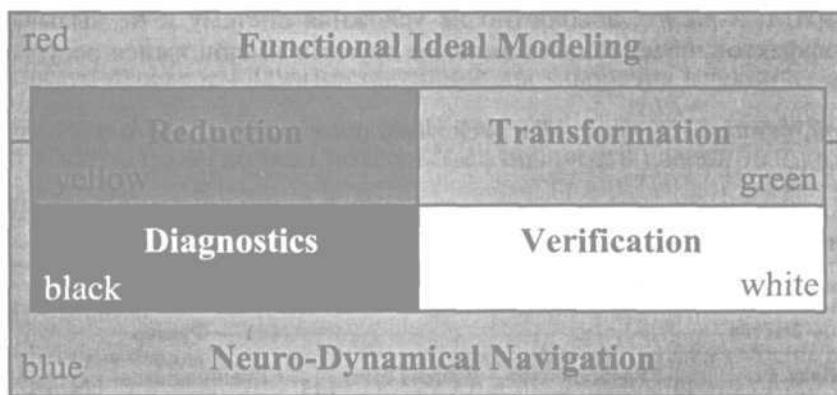


Рис. 21.10. Структура Мета-Навигации софтвера *TRIZ PentaCORE™* на основе Мета-АРИЗ и цветовой гаммы по методу «*Six Thinking Hats*»

ми поддержки деятельности человека, например, с системами образования, проектирования, управления, научных исследований.

Дальнейшую информацию можно получать в Интернет по адресу www.modern-triz-academy.com.

В дополнение к изложенному приведем два примера из банка софтвера Idea Navigator™ EasyTRIZ™. Они отражают также общий ход работы в EasyTRIZ (за исключением передачи цветовой поддержки).

Пример 128. Прогулочная подводная лодка

Тренд

Создание автономной прогулочной подводной лодки требует больших денежных затрат и сопряжено с большим количеством проблем обеспечения надежности и безопасности. Поэтому в конечном итоге такие проекты приводили к большой стоимости такой услуги для клиентов и не имели большого распространения. Административное противоречие: что можно сделать для создания коммерчески выгодного аттракциона пребывания отдыхающих, спортсменов или исследователей под водой?

Редукция

Прежде всего административное противоречие необходимо перевести в техническое.

Стандартное противоречие (СП) 1: прогулочная подводная лодка должна быть простой в эксплуатации, но из-за внешних вредных воздействий она может стать небезопасной.

СП 2: при простоте эксплуатации лодка должна быть недорогой, а значит, несложной в изготовлении.

03 и ведущие оперативные ресурсы: конфликтуют функциональные свойства всей системы в целом.

Макро-ФИМ: X-ресурс, абсолютно не усложняя систему и не вызывая негативных эффектов, обеспечивает вместе с другими имеющимися ресурсами получение

[недорогой, безопасной, простой в эксплуатации подводной лодки для прогулок].

Модели СП:

№ СП	Действие, состояние, объект						
	Прогулочная подводная лодка						
	(+)-Фактор			(-)-Фактор			
1	Удобная в эксплуатации	10	Удобство эксплуатации	Должна быть безопасной	13	Внешние вредные факторы	04, 05, 23, 29
2	Удобная в эксплуатации	10	Удобство эксплуатации	Должна быть недорогой	07	Удобство изготовления	05, 35, 37

Явно выделяется прием 05 Вынесение.

Изобретение

Идея по навигатору 05: оставить главную полезную функцию (находиться под водой) за корпусом подводной лодки, а функции управления, перемещения и обеспечения безопасности вынести в надсистему, применив буксирующее судно (X-ресурс). При этом пассажиры могут изменять глубину погружения и осуществлять небольшие отклонения относительно курса буксирующего судна. В частности, подводная лодка может быть открытой, а пассажиры могут быть в скафандрах или в легких водолазных костюмах.

Зуминг

Оба СП устраниены.

Краткое описание примера

С целью создания недорогой и простой в эксплуатации прогулочной подводной лодки главная полезная функция (находиться под водой) оставлена за конструкцией лодки, а функции управления, перемещения и обеспечения безопасности вынесены в надсистему, а именно, переданы буксирующему судну (навигатор 05).

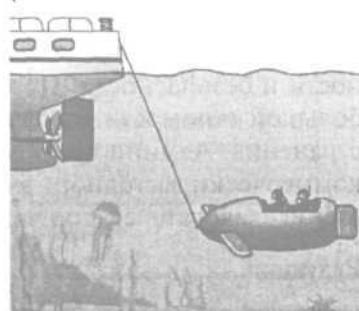


Рис. 21.11

Пример 129. Летающая цистерна

Тренд

При тушении пожаров в высотных зданиях исключительно сложной проблемой является доставка воды и других гасящих веществ на нужную высоту. Использование вертолетов часто затруднено из-за опасности задеть винтами за здание и из-за большой задымленности, а иногда и опасности возгорания самих вертолетов. Как можно увеличить возможность ликвидации пожаров в высотных зданиях?

Редукция

Прежде всего переведем административное противоречие в техническое.

Сформулируем СП в следующем виде: вертолет должен доставлять воду на нужную высоту, но не должен подвергаться опасности аварии или крашения.

Запишем это СП в табличной форме:

№ ТП	Действие, состояние, объект							
	Вертолет							
	(+)-Фактор			(-)-Фактор				
1	доставляет воду на нужную высоту	16	Длина неподвижного объекта	Не должен подвергаться опасности аварии	10	Удобство эксплуатации	05, 29	
Коммент.		Этот фактор выглядит наиболее подходящим при интерпретации				Может включать и требование безопасности		

Изобретение

Идея по приему 05: воду или другие средства тушения огня вынести в отдельную цистерну, прикрепленную к вертолету тросами с возможностью изменения длины тросов. При этом вертолет может находиться на безопасной высоте над зданием, а цистерна может быть внесена в зону, максимально близкую к пожару, и управляться либо дистанционно, либо специальным экипажем. Цистерна может иметь дополнительные средства маневрирования.

Зуминг

СП устранено.

Системный сверхэффект 1: много цистерн (а не дорогостоящих вертолетов!) может быть готово к применению.

Системный сверхэффект 2: цистерны могут направляться параллельно с работой занятых вертолетов.

Краткое описание

Для обеспечения доставки воды или других средств пожаротушения на нужную высоту высотного здания эти средства вынесены в отдельную емкость, например, в виде цистерны, прикрепленной к вертолету на тросах с управляемым изменением длины тросов (навигатор 05). В цистерну могут быть вынесены средства локального маневрирования для оптимального сближения с очагом пожара.



Рис. 21.12

Послесловие автора

Решение любой сложной задачи из инженерной практики всегда есть не только сугубо логическое рассуждение или решение по аналогии, но более всего акт интуитивного творчества, поддержанного логикой, и аналогиями.

Инструменты классической ТРИЗ, рассмотренные в учебнике, позволяют успешно решать не менее 70–75 % «стандартных» изобретательских задач для совершенствования изделий и технологий. При достаточном опыте на основе комбинирования этих инструментов возможно решать около 90% задач. И эти дополнительные 15–20 % стоят не менее предыдущих, так как относятся к решениям очень сложных «нестандартных» задач.

И все же в числе оставшихся 10 % задач — «экстремально» сложные, требующие изобретательского таланта и... творческой удачи. Но тем более для их решения важна ТРИЗ. ТРИЗ незаменима для «экстремально» сложных проблем, так как подготавливает и высвобождает «сверхсознание» для генерации решающей идеи.

В решении любой задачи огромную роль играют развитое воображение, умение мыслить нестандартно, умение не идти по «вектору психологической инерции», не поддаваться кажущейся простоте случайно угадывания идеи решения. Инструменты классической ТРИЗ прекрасно помогают преодолеть эти психологические препятствия. Но остается еще мотивация. Трудно ожидать прихода идеи к тому, кто не стремится к решению задачи, для кого это не важно или не интересно.

Границы возможностей ТРИЗ совпадают лишь с актуальными границами естественно-научных знаний человечества, так как для синтеза идей ТРИЗ опирается на эти знания. В то же время ТРИЗ выходит за границы этих знаний, так как помогает исследователю и инженеру преодолеть и расширить сами эти ограничения. Рассмотренные и специальные методы ТРИЗ способствуют решению исследовательских проблем самого высокою уровня.

Классическая ТРИЗ потому и является классической, что ее основные принципы останутся навсегда неизменной, инвариантной основой любой инженерной теории синтеза творческих решений. Систематизация и упорядочивание терминологии, выполненные в этой книге, представляют собой первую ступень в будущей интеграции ТРИЗ с системотехническими и специальными инженерными дисциплинами. ТРИЗ должна войти неотъемлемым компонентом в любую теорию принятия решений, в любую теорию проектирования.

Совершенно необходимо применение ТРИЗ-концептов и инструментов во всех инженерных дисциплинах и во всех высших учебных заведениях. Преподавание основ ТРИЗ необходимо в каждой школе.

Исключительно важные возможности открывает ТРИЗ для развития детского творчества, для воспитании творческих личностей. Имеются многочисленные примеры успешного применения ТРИЗ-моделей при организации воспитательного процесса и для непосредственного игрового усвоения ключевых компонентов ТРИЗ с самого раннего возраста.

Конструктивные перспективы имеет интеграция ТРИЗ с любыми другими областями деятельности, традиционно не относящимися к инженерным. ТРИЗ имеет примеры успешного применения для решения медицинских задач, социальных проблем, менеджмента, организации избирательных кампаний, обеспечения надежности и безопасности технических объектов, проектов и организаций.

Обобщая, можно повторить высказывание, распространенное в среде приверженцев ТРИЗ:

Внимание! Изучение ТРИЗ может изменить силу вашего мышления!

Конечно, если Вы уже освоили эту книгу, приведенное «предупреждение» несколько опоздало. Но зато Вы, я надеюсь, убедились в его справедливости и теперь сможете убедить в этом других людей. Чтобы сделать их более вооруженными перед появляющимися проблемами. Чтобы увеличить их способность находить отличные идеи. Чтобы, наконец, просто добавить радостных ощущений в жизни через особую радость творческих побед.

ТРИЗ учит и приучает мыслить парадоксами, противоречиями. Она внушает обоснованный оптимизм и дает уверенность в решении самых острых «неразрешимых» проблем. Она воспитывает многостороннее видение и понимание мира, его сложных явлений и проблем. Через логические модели и образные метафоры ТРИЗ расширяет границы нашего мировосприятия, увеличивает остроту и гибкость нашего мышления.

Конечно, многие люди чрезвычайно талантливы от природы. Но нет никаких сомнений в том, что всем им также полезна ТРИЗ! Как инструмент. Как теория систематического изобретательства. Как безупречная модель мышления!

Я хочу напомнить здесь талантливые решения сэра Нормана Фостера при восстановлении здания Рейхстага (пример 31), сделанные им, по-видимому, без знания ТРИЗ. Но эти решения настолько эффективны, что достойны анализа на основе ТРИЗ-реинвентинга и включения в «золотую коллекцию» ТРИЗ-моделей. И уже следующие поколения архитекторов могут освоить готовые образцы для рационального синтеза творческих идей в своих проектах.

Одним из наиболее парадоксальных и смелых решений было создание купола как места свободного посещения Рейхстага всеми желающими! Через большие прозрачные плоскости в верхнем своде зала заседаний посетители могут видеть парламентариев, изобретающих внизу судьбу государства. Возникает приятная иллюзия, что политика и экономика совершенно прозрачны для каждого из нас!

Но еще более концентрированный, главный образ невидимо присутствует в куполе, когда мы обратим внимание на системную связь всех, кто имеет отно-

шение к этому зданию. Это каждый свободный в демократическом обществе человек, имеющий возможность ходить над парламентариями. Это парламентарии, работающие внизу для этого свободного человека. И это — Бог над всеми нами, над нашей совестью. И возникает модель демократии, о которой подумалось при первом же посещении купола:

Каждый над правительством, но под Богом.

Итак, завершение первой работы с учебником означает и завершение важного этапа Вашего восхождения в искусстве ТРИЗ. Я мог бы запершить книгу словами одного из участников моих семинаров, ставшего впоследствии моим коллегой:

Классическая ТРИЗ — это выход
из болота «Пробы — и — ошибки» к океану «Пробы — и — удачи»!

Но еще несколько слов, обращенных к неискушенному читателю, впервые знакомящемуся с ТРИЗ, кажутся все же необходимыми.

Человек отражается в сотнях зеркал своих эмоций, способностей, мотивов, умений, поступков. Человек многомерен и неоднозначен. Человек противоречив и сложно связан с окружающим его Миром. Но он ищет решения. Ищет их каждодневно. Часто находит. Иногда — нет. Хорошие решения находит не часто. Очень хорошие или гениальные — очень редко.

Можно ли помочь тем, кто стремится к поиску хороших решений? Кто не желает попусту тратить время своей жизни на поиск вслепую, наощупь, случайным образом, в необоснованном выжидании какого-то озарения или какого-то невероятного удачного события! Да, можно. Таким людям необходима ТРИЗ.

Только ТРИЗ впервые в истории цивилизации предлагает систематический путь к преодолению проблемных противоречий, к созданию эффективных идей.

ТРИЗ-менталитет помогает более эффективно организовать и другие аспекты жизни человека. Помогает выдерживать удары судьбы. Помогает нередко предвидеть и предотвращать проблемы. Помогает находить ресурсы в безнадежных, как представлялось, ситуациях!

Я благодарю Вас за внимание и доверие.

Я желаю Вам благополучия и успеха.

Да, изобретать по старинке проще. Рыть землю лопатой проще, чем управлять экскаватором. Ходить пешком проще, чем водить машину. За скорость, мощность, эффективность любого действия приходится платить знаниями.

Изобретательство не исключение. Хочешь быстро решать трудные задачи — учись, осваивай «изобретательскую физику» и все остальное. Впрочем ... для решения изобретательских задач важны не столько новые знания, сколько хорошая организация тех знаний, которыми человек уже обладает.

Изобретательская деятельность многогранна. И все-таки ... решение — основа основ изобретательства.

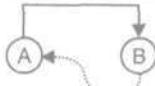
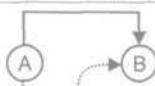
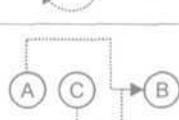
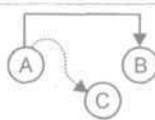
Изобретателем XIX века был мастер-умелец, он своими руками строил новую машину, переделывал ее на все лады, добиваясь, чтобы она работала. Современный изобретатель, прежде всего, мыслитель, интеллектуал. Самое важное — тонкие и точные интеллектуальные операции.

Генрих Альтшуллер.
И тут появился изобретатель.
Москва, 1987.

Приложения: каталоги навигаторов А-Студии

Приложение 1

Каталог Структурно-функциональные модели

НАЗВАНИЕ	G-МОДЕЛЬ	ОПИСАНИЕ	ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЙ В ОБЩЕМ ВИДЕ
1 ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ		A действует на B полезно, B действует на A вредно	
2 ДВОЙНОЕ ДЕЙСТВИЕ		A действует на B полезно и вредно	Заменить или изменить вещества одного или обоих элементов, ввести добавки внутрь (или на поверхность) элементов или в среду, изменить характер действия
3 САМОПОВРЕЖДЕНИЕ		A действует на B полезно, но при этом создает для себя вредное действие	
4 НЕСОВМЕСТИМЫЕ ДЕЙСТВИЯ		A и C действуют на B полезно, но при этом мешают друг другу	Представить проблему в виде 1—3, изменить состояние B
5 ДЕЙСТВИЕ НА ДВА ОБЪЕКТА		A действует полезно на B и вредно на C	Изменить состав (например, ввести ресурс-посредник), расположение, форму или время действия объектов; привести проблему к виду 1—3
6 НЕЭФФЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ		A взаимодействует с B неэффективно или нужное действие отсутствует	

Приложение 2

Каталог А-Компакт-Стандарты

S1	ДОБАВКИ
1.1.1—1.1.5 1.2.1—1.2.4 5.1.1—5.1.4 5.2.1—5.2.3 5.4.1 5.5.1—5.5.3	<ol style="list-style-type: none"> Использовать возможность введения добавок в уже имеющиеся вещества для придания системе требуемых свойств, например, для повышения управляемости. Использовать возможность присоединения дополнительных веществ к веществам в системе. Дополнительное вещество может вводиться временно. Дополнительное вещество может быть производным от веществ, уже имеющихся в системе. Вместо вещества вводят «пустоту» (воздух, пену и т. п.). Вместо вещества вводят поле, нейтрализующее вредное действие. Вводят в очень малых дозах особо активную добавку. Вводят обычную добавку, но располагают ее концентрированно. Использовать модели (копии), в которые можно вводить добавки. Вещество вводят в химическом соединении, из которого оно выделяется в нужное время. Вещество получают разложением или изменением агрегатного состояния части объекта и/или внешней среды. Требуемые частицы вещества получают разрушением вещества более высокого структурного уровня (например, молекул). Требуемые частицы вещества (например, молекулы) получают достройкой или объединением частиц более низкого структурного уровня (например, ионов).
S2	УПРАВЛЯЕМОСТЬ
2.1.1, 2.1.2 2.2.1—2.2.5 5.3.1—5.3.5 2.3.1, 2.3.2 1.2.5 2.4.1—2.4.12 4.4.1—4.4.5 1.1.6—1.1.8 5.4.2	<ol style="list-style-type: none"> Использовать возможность превратить часть объекта (вещества) в управляемую систему. Использовать возможность введения в систему хорошо управляемого поля, скоординированных полей. Если веществу должна быть придана определенная пространственная структура, процесс следует вести в поле, которое имеет структуру, соответствующую требуемой структуре вещества. Использовать дробление вещества (поля), применить капиллярно-пористые структуры, ввести динамика полей и компонентов, использовать фазовые переходы вещества, применить согласование/рассогласование ритмики и частот.

	<p>5. Использовать для управления объектом возможность добавления ферромагнитных частиц (стружка, гранулы, «магнитная жидкость» и т. п.) и воздействия на эти частицы магнитным или электромагнитным полем; использовать ферромагнитные добавки вместе с капиллярно-пористыми материалами.</p> <p>6. Использовать возможность добавления ферромагнитных материалов во внешнюю среду.</p> <p>7. Для получения минимального (дозированного, оптимального) режима можно использовать максимальный режим, а избыток устраниить.</p> <p>8. Для сохранения максимального режима максимальное действие можно направить на другое вещество, связанное с веществом объекта.</p> <p>9. Для обеспечения максимально-минимального (избирательного) режима используют максимальное воздействие, при этом защищают места, где нужно минимальное воздействие; используют также минимальное воздействие, при этом в места, где нужно максимальное воздействие, вводят добавки (вещество, поле), дающие усиление минимального воздействия.</p> <p>10. Использовать состояния вещества, близкие к «критическим», когда энергия запасается в веществе, а входной сигнал играет роль «спускового крючка».</p>
S3	ОБНАРУЖЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ
4.1.1—4.1.3 4.2.1—4.2.4 4.3.1—4.3.3 4.5.1—4.5.2	<p>1. Использовать возможность изменить задачу так, чтобы отпала необходимость в обнаружении/измерении.</p> <p>2. Использовать возможность перевести исходную задачу в задачу на последовательное (пошаговое) обнаружение изменений.</p> <p>3. Перейти к измерению первой или второй производной от функции.</p> <p>4. Использовать возможность добавок во внешнюю среду для получения легко обнаруживаемого (измеряемого) поля, по которому можно судить о состоянии наблюдаемого объекта.</p> <p>5. Перейти к бисистеме или полисистеме; использовать копии.</p> <p>6. Использовать технические эффекты.</p>
S4	РАЗВЕРТЫВАНИЕ
3.1.1—3.1.3	<p>1. Использовать объединение объекта с другой системой (или системами) в более сложную би- или полисистему.</p> <p>2. Ускорить развитие связей между частями системы и между системой и внешним окружением.</p> <p>3. Увеличить функциональную нагрузку на систему и ее части.</p>
S5	СВЕРТЫВАНИЕ
3.1.4—3.1.5 3.2.1	<p>1. Использовать возможность сокращения вспомогательных и малонагруженных частей (элементов) системы.</p> <p>2. Использовать возможность распределения несовместимых свойств между системой, наделяемой свойством F, и частями этой же системы, наделяемыми свойством анти-F.</p> <p>3. Использовать возможность реализации функций системы на микроуровне — на уровне вещества или/и полей.</p>

Приложение 3

А-Матрица для выбора специализированных А-Навигаторов

Список плюс- и минус-факторов

01	Производительность	21	Форма
02	Универсальность, адаптация	22	Скорость
03	Степень автоматизации	23	Время действия подвижного объекта
04	Надежность	24	Время действия неподвижного объекта
05	Точность изготовления	25	Потери времени
06	Точность измерения	26	Количество вещества
07	Сложность устройства	27	Потери вещества
08	Сложность контроля и измерения	28	Прочность
09	Удобство изготовления	29	Устойчивость состава объекта
10	Удобство эксплуатации	30	Сила
11	Удобство ремонта	31	Напряжение, давление
12	Потери информации	32	Вес подвижного объекта
13	Внешние вредные факторы	33	Вес неподвижного объекта
14	Вредные факторы самого объекта	34	Температура
15	Длина подвижного объекта	35	Освещенность
16	Длина неподвижного объекта	36	Мощность
17	Площадь подвижного объекта	37	Затраты энергии подвижным объектом
18	Площадь неподвижного объекта	38	Затраты энергии неподвижным объектом
19	Объем подвижного объекта	39	Потери энергии
20	Объем неподвижного объекта		

A-Матрица (начало)

		Системотехнические свойства													
		Физико-технические свойства													
Что ухудшается	Что улучшается	Системотехнические свойства													
		Производительность	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Производительность	01	03.01 04.27	35.37 01.10	03.01 02.30	09.03 06.02	03.02 15.04	37.19 04.18	01.06 13.05	01.04 05.18	03.04 34.08	03.09 02.29	11.07 36	21.01 11.18	01.21 06.23	
Универсальность, адаптация	02	01.04 20.27	13.15 01	01.11 32.18	—	01.35 03.02	07.14 27.04	0.5	03.11 31	07.15 03.16	—	01.28 04.24	—	09.31	—
Степень автоматизации	03	35.37 01.10	13.24 03.01	28.13 09	04.10 06.36	04.10 02.15	07.18 02	15.13 29	03.10 11	03.37 15.12	03.01 11	01.38 11	05.38 14	05	—
Надежность	04	03.01 14.30	11.01 32.18	28.11 13	09	28.09 03	09.12 28.36	11.01 03	03 04	— 17	13.19 07.15	03.28 03.16	02.04 —	13.01 05.17	01.05 17.10
Точность исполнения	05	02.06 09.23	—	10.04 06.36	28.09 03	—	10.05 02.15	—	—	03.09 09.26	29.02 01.36	—	10.04 02.26	24.19 15.10	—
Точность измерения	06	02.15 04.09	11.01 05	04.05 02.15	35.28 03.36	—	—	13.01 02.15	10.18 09.04	20.01 29.06	03.11 19.15	03.09 11.28	—	04.18 21.10	12.38 23.02
Сложность устройства	07	37.19 04	14.07 27	07.03 18	11.01 03	10.18 09	05.10 02.15	—	07.02 27.04	13.19 03.11	13.39 10.18	03.11 11.18	—	21.08 14.17	08.03 14.04
Сложность контроля и измерения	08	01.06 04.06	03.07 03.07	15.33 15.33	13.17 04.08	—	10.18 09.04	07.02 27.04	—	35.04 28.14	05.35 27.10	01.38 01.38	21.08 13.21	05.33 14.04	
Удобство исполнения	09	01.03 02.04	05.11 07	32.04 03	—	—	03.01 37.06	13.10 03	20.04 28.03	05.35 11.16	01.03 28.39	09.18 06.16	—	18.05 —	
Удобство эксплуатации	10	07.03 04	07.15 33.16	03.15 37.12	19.13 32.17	03.09 01.36	29.11 05.15	09.29 37.19	—	05.35 37	37.10 03.09	24.02 13.21	05.29 04.23	—	
Удобство ремонта	11	03.09 02	34.03 24.16	15.01 34.11	28.02 03.16	29.02 11	02.05 11	01.03 11.28	—	03.01 28.02	03.37 10.07	—	01.02 05.16	—	
Потери информации	12	11.36 07	—	01	02.04	—	—	—	01.38	09	13.21	—	21.02 03	02.33 21	
Инвентарные временные факторы	13	21.01 11.18	01.28 21.31	38.12 15	13.18 05.17	10.04 02.06	04.38 36.10	21.08 14.17	18.01 14.17	05.29 05	01.02 04.23	21.02 05	—	—	
Временные факторы самого объекта	14	21.01	—	05	18.05	24.19	12.38	08.03	05.33	—	—	—	02.33	—	
Длина подвижного объекта	15	22.24 04.14	22.07 03.16	19.18 10.16	02.22 14.17	02.04 14.27	04.09 24	03.08 10.18	01.03 10.18	03.14 19	07.14 01.24	03.04 02	03.18 19.18	03.07 19.18	
Длина неподвижного объекта	16	25.22 34.10	03.01	—	07.14	05.09	09.04	03.10	10	07.19	05.29	12	18.10	03.06	
Площадь подвижного объекта	17	02.10 15.05	07.25 04.36	22.25 04	14.39 02	05.09	09.04	22.03	05.26	11.03	07.19	07.11	25.10	21.38	19.05
Площадь неподвижного объекта	18	02.07 19.34	07.16 17.24	36 22.06	09.01 06.26	05.14 09.26	10.04 09.12	03.06 26	05.01 25.06	17.16	16.24	16	25.16	13.05 23.01	21.03 17
Объем подвижного объекта	19	02.20 05.15	07.14 16.18	01.15 17.28	22.03 17.28	29.04 04	29.10 16	10.03 04	14.10	14.03	07.11	02	05.21	21.33 38.04	19.05 16.21
Объем неподвижного объекта	20	01.27 02.05	—	—	05.01	01.02	—	03.31	05.19	01	—	03	—	15.23 08.13	25.06 01.24
Форма	21	19.10 15.02	03.07 14	07.03 09	02.17 16	02.25 17	04.09 03	03.08 03.04	01.03 23	01.34 19	07.14 10	03.04 03	03.18 05.01	—	21.03 05.01
Скорость	22	—	07.02	02.06	28.01	02.04	04.09	02.04	12.15	01.11	09.04	15.05	11.10	03.04 01.36	04.02 01.33
Время действия подвижного объекта	23	01.19 22.08	03.01 11	20.02 11	28.05 11	12.13 11	12	02.24 16.17	08.14 14.07	13.03 23.01	37.13 24	14.02 13	02	21.07 38.04	33.23 16.21
Время действия неподвижного объекта	24	40.02 16.30	05	03	15.13	—	02.10 18	21.05 20.01	01.02 02.01	03	0.3	02	19.03	21	
Потери времени	25	—	01.04	18.04	02.25	18.10	18.15	20.14	06.04	01.08	24.04	09.03	18.10	01.06 04.09	01.21 15
Количества вещества	26	11.14 12.13	07.12 14	32.01	06.12	38.25	12.05	12.11	12.13	14.03	01.14	05.09	18.04	01.38 14.31	12.01 17.23
Потери вещества	27	04.01 02.36	07.02 05	01.02	02.14	01.02	16.15	01.02	01.06	07.15	09.04	05.01	—	38.21	02.03
Прочность	28	14.01 02.29	07.12 09	07	28.12	12.13	12.13	05.11	13.12	28.12	09.17	13.28	—	06.01	07.01
Устойчивость состава объекта	29	36.01 17.12	01.25 15.05	03.32	—	06	11	05.01	01.21	01.08	09.01	05.01	—	01.18 06.25	01.17 13.23
Сила	30	12.04 01.27	07.19 06.40	05.01 03.31	12.01	04.14	01.02	10.21	26.27	07.27	03.04	07.03	—	03.01	11.12
Напряжение, давление	31	02.22 01.27	01	03.18	02.11	12.01	20.04	08.03	05.26	03.01	28	05	—	21.05 27	05.38 13.06
Вес подвижного объекта	32	01.12 18.27	14.35 07.8	10.01 06.08	12.26 05.13	04.01 10.06	01.13	19.15	04.14	13.04	01.12	05.13	02.18	23.33 06.13	21.01 31.23
Вес неподвижного объекта	33	03.04 07.01	08.07 14	05.10 01	02.04 32.12	02.03 01.19	06.10 04	03.02 10.23	29.04 19.07	04.03 9	20.11 03.09	05.13	02.07	05.08 21.27	01.11 03.23
Температура	34	07.04 01	05.06 13	10.05 08.16	08.01 12.02	18	09.08 16	05.19 01	12.13 01.31	10.13	24.02 16	—	21.38 01.05	21.01 05.18	
Поверхность	35	05.29 16	07.03 03.08	05.10 02	—	12.09	28.07	20.09	09.07	08.01	04.10	07.19	03.20	07.08 09.23	01.08 09.23
Мощность	36	04.01 15	08.19 19	04.05 19	08.18	09.05	04.07	40.08	08.01	10.01	01.05	02.08	08.21	05.01	—
Батареи энергии подвижным объектом	37	37.04 01	07.19 11.16	09.05 08.01	08.33	—	12.03	05.14	01.30	04.10	08.01	05.07	—	03.01	05.01
Батареи энергии неподвижным объектом	38	03.20 —	—	02.26 36	—	—	—	—	08.01	03.24	—	—	—	02.05 21.27	08.21 06
Потери энергии	39	04.02 14.01	—	05	28.02	—	09	34.36	01.12	—	01.09	05.08	08.02	33.21 01.05	33.01 05.21

Таблица Альтышулла 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14

A-Матрица (продолжение)

		Что ухудшается				Физико-технические свойства																		
		Что улучшается				Физико-технические свойства																		
						Физико-технические свойства																		
						Длина подвижного объекта	Длина неподвижного объекта	Площадь подвижного объекта	Объем подвижного объекта	Форма	Скорость	Время действия подвижного объекта	Время действия неподвижного объекта	Плотность грунта	Количество вещества	Потери вещества								
						15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27						
Системотехнические свойства						Продуктивность	01	06.24 04.30	25.34 22.19	01.20 15.31	02.01 19.34	05.20 15.02	01.27 02.05	22.02 15.17	— 01.02	40.02 05.06	— 16.30	01.30 01.36	04.02 14.23					
						Универсальность, адаптация	02	01.03 14.05	03.01 16	01.25 14.34	07.16 14	07.01 03.32	— 22	07.27 01	01.02 01	11.03 17	05.16 09	01.04 17.12	12.01 14.23					
						Степень автоматизации	03	22.11 04.19	36 11	19.22 11	— 16	01.11 03.11	— 07.09	04.02 29.39	— —	18.04 01.25	01.11 01.25	01.02 06.35						
						Надежность	04	07.39 22.24	07.14 04.28	19.02 22.18	09.01 17.24	12.02 22.18	05.01 18	01.03 16.28	33.01 28.04	05.01 12.29	15.13 20.17	02.25 24	33.04 17.12	02.01 14.23				
						Точность изготовления	05	02.04 14.27	05.09 02	04.38 14.09	05.14 06.26	09.04 05	29.02 01	02.95 17	02.04 09	12.13 17	— 04.06	09.10 02.18	09.25 02.18	01.31 02.18				
						Точность измерения	06	04.10 35.16	09.04 12.16	10.04 09.12	10.04 20	09.11 09.18	— 09	20.04 09	04.11 18.09	04.20 18	02.10 18	18.15 04.09	05.20 03.04	02.16 31.04				
						Сложность устройства	07	03.08 16.18	10 11.16	22.03 11.16	20.26 15.10	15.10 03.16	14.11 15.02	05.02 02.24	15.02 04	02.24 04	— 04.07	20.14 11.12	01.02 01.02	11.12 13.02	01.02 04.14			
						Сложность контроля и измерения	08	16.19 10.18	10 06.19	05.11 25.16	05.23 24.16	14.03 10.31	05.06 03.23	13.11 16.01	12.24 29.23	08.14 20.01	29.15 01.01	06.04 01.30	12.13 14.06	03.06 02.18	01.30 02.18			
						Удобство изготовления	09	03.14 11.19	07.19 13	11.03 10.37	16.17 03.17	11.14 11.13	01 13	03.04 11.13	01.11 32.03	13.03 24	01.16 15	01.04 32.29	01.36 02.15	07.15 08.18	07.15 08.18			
						Удобство эксплуатации	10	03.19 11.37	— 11.16	03.19 07.23	06.16 23.31	03.16 14.04	24.06 15	07.15 32.29	06.11 29	14.12 02.15	03.16 15	24.04 02.15	37.01 02.15	04.09 05.18	04.09 05.18			
						Удобство ремонта	11	03.04 02.29	12.06 31	07.11 09	16.29 01.28	29.05 05	03 05.24	03.11 05.24	15.39 04.13	28.14 04.13	03 12.36	03.21 38.31	09.03 16.21	05.04 21.29	05.04 15.13			
						Потери информации	12	03.10 16.21	10 16	25.10 06.23	25.16 17	— 01.24	05.21 01.24	— 02.14	10.09 11.24	02 08	— —	18.10 04.09	18.04 01	— 36.02	— 36.02			
						Внешние вредные факторы	13	19.03 23.24	03.06 38.04	21.03 23.01	13.05 23.01	21.36 27.01	15.23 08.13	21.03 12.01	33.21 01.04	21.07 38.04	19.03 17.38	01.06 15	01.38 14.31	38.21 08.17	08.21 08.17			
						Вредные факторы самого объекта	14	19.07 16.21	— 19.05	— 21.03	19.05 20.04	— 01.03	01.06 01.04	— 07.21	— 33.23	— 03.21	— 12.18	— 02.03	— 23.03	— 15	— 15			
						Длина подвижного объекта	15	—	07.19 24	— 4.01	34.19 4.01	— 0.01	03.32 02.14	11.24 32	08 14	— 14	07.05 36.02	14.01 36.02	24.14 36.02	— 36.02	— 36.02			
						Длина неподвижного объекта	16	—	—	19.34 02.17	— 05.22	— 07.34	01.32 14.24	11.22 14.24	— 24.15	— 24.15	03.17 01	25.14 22	— 18.01	02.04 01.30	— 01.30	02.04 01.30		
						Площадь подвижного объекта	17	22.07 06.24	— 10.34	— 39.23	— —	— —	34.22 19.24	— 14.24	35.15 24.15	14.25 24.15	20.12 08.25	— 08.25	— 08.25	10.24 24.06	14.25 06.23	02.01 02.01	02.01 02.01	
						Площадь неподвижного объекта	18	—	10.34 39.23	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	05.02 08.25	02.01 24.06	05.06 17.24	02.22 06.23	02.22 06.23	02.22 06.23		
						Объем подвижного объекта	19	03.34 01.4	— 24.19	03.34 24.19	— —	— —	03.07 14.24	14.24 30.15	14.24 24.15	14.25 24.15	20.12 08.25	— 08.25	— 08.25	05.20 15.02	14.25 15.02	26.23 05.23	26.23 05.23	
						Объем неподвижного объекта	20	08.22 05.22	01.32 05.22	— —	— —	— —	34.05 01	— 01	— 01.15	— 30	01.15 09.06	01.16 09.06	01.12 01.15	01.12 01.15	02.23 01.15	02.23 01.15		
						Форма	21	14.15 35.24	11.22 02.34	35.15 24.02	— 07.21	22.24 01	34.05 15.02	01.07 15.02	22.10 39.29	— 15.19	— 15.19	— 15.19	22.02 02.11	26.21 14.30	01.14 04.30	01.14 04.30	12.35 04.30	
						Скорость	22	11.22 32	— 15	14.25 15	— 15	34.14 15	— 06.15	01.07 06.15	12.08 01.35	— —	— —	02.08 14.30	02.11 04.30	02.11 04.30	02.11 04.30	02.11 04.30		
						Время действия подвижного объекта	23	05.08 39	— 08	12.19 08	— 08.25	02.05 04.29	— 35	22.10 35	12.01 03	02.01 12.01	— —	— —	40.40 04.08	12.01 02.17	41.13 12.06	13.16 12.06	13.16 12.06	
						Время действия неподвижного объекта	24	— 01	03.17 30	— 30	— 30	91.15 30	— 30	— 30	— 30	— 30	— 30	— 30	04.40 02.16	12.01 31	02.11 06.30	02.11 06.30	02.11 06.30	
						Потери времени	25	07.05 14.06	25.18 14.23	10.24 35.16	02.01 19.24	05.35 15.02	01.16 09.06	24.02 15.19	— —	40.02 04.06	04.40 02.16	— —	04.40 02.16	12.01 31	01.36 06.30	01.36 06.30	01.36 06.30	
						Количество вещества	26	14.22 01.06	— 14	07.22 17.24	05.06 14	07.40 14	— 10.14	01.22 15.04	12.01 15.04	12.01 02.17	— 31	01.30 06.16	01.30 06.16	01.30 06.16	01.30 06.16	01.30 06.16		
						Потери вещества	27	22.14 02.23	02.04 18	01.05 02.31	02.06 23.31	03.14 25.26	12.23 06.31	14.01 12.35	02.11 12.06	04.13 06.30	13.16 01.02	07.06 01.02	02.12 01.28	02.12 01.28	02.12 01.28	02.12 01.28		
						Прочность	28	03.07 32.01	07.22 04.10	12.15 17.14	39.17 04.24	02.07 22.23	03.07 19.07	02.07 01.17	03.22 10.22	02.25 10	32.11 10.22	13.12 10	— —	14.12 04.02	14.02 03.08	01.04 01.36	01.04 01.36	
						Устойчивость состава объекта	29	11.07 03.04	27 11	05.28 11	— 08	04.02 08.23	15.04 01.17	23.09 06.24	02.01 04.06	30.07 02.01	11.13 08.05	— —	02.27 01.30	22.14 01.36	02.07 01	02.07 01	02.07 01	
						Сила	30	39.08 39.26	04.02 07	08.02 26.27	03.06 37.27	07.39 06.27	05.26 07.15	02.01 07.37	02.21 17.15	05.04 08.09	08.05 08.05	— —	— —	32.01 26	06.26 06.26	32.01 06.26	32.01 06.26	32.01 06.26
						Напряжение, давление -	31	01.02 26	01.03 22.16	02.07 06.27	02.07 02	01.18 07.02	01.24 02.26	01.04 01.26	02.10 13	08.12 13	— —	— —	27.26 24	02.22 02.27	22.14 22.14	02.22 02.27	02.22 02.27	
						Вес подвижного объекта	32	07.32 14.15	— 30.15	14.19 17.04	— 02	14.05 02	— 08	02 01.17	03.22 01.17	05.32 31.01	35.15 08.01	— 16	— 01.40	02.10 02.20	35.01 08.20	35.32 35.32	35.32 35.32	
						Вес неподвижного объекта	33	— 14.01	02.03 11.05	— 22.05	01.25 14.22	— 05.17	35.01 05.05	11.02 05.17	— 08.20	— 08.20	— 08.20	— 08.20	— 08.20	— 08.20	— 08.20	— 08.20	— 08.20	
						Температура	34	07.08 39	07.08 39	12.01 23.06	01.30 17.06	15.02 24	02.00 08.09	01.20 26.25	22.21 02.17	05.04 15.04	08.05 08.05	— —	01.30 01.30	15.36 02.16	01.18 06.16	01.18 06.35	01.18 06.35	
						Освещенность	35	08.09 16	— 10	08.09 02	— 02	05.11 02	— 08	09.25 08	02.11 20	14.22 08	05.08 20	— —	08.03 08.03	03.08 03.08				

А-Матрица (окончание)

		Физико-технические свойства															
		Что ухудшается			Что улучшается			Физико-технические свойства									
Системотехнические свойства	Физико-технические свойства	Прочность	Устойчивость состава объекта	Сила	Напряжение, давление	Все подвижного объекта	Температура	Оцененность	Мощность	Затраты энергии подвижным объектом	Затраты энергии неподвижным объектом	Потери энергии					
		28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39				
Производительность	01	14.04 02.06	01.12 21.23	04.07 02.26	02.27 22	01.10 18.27	04.13 04.02	01.33 08.03	10.19 —	01.40 02	01.02 30.08	03	04.02 14.01				
Универсальность, адаптация	02	01.12 09.20	01.25 22	07.19 40	01.16 —	03.20 07.32	08.07 14.16	13.05 12.01	20.21 10.03	08.03 14	08.01 14.11	—	06.07 03				
Степень автоматизации	03	29.11	06.03	05.01	11.01	04.10 06.01	04.10 01.02	10.05 08	32.09 13	04.05 11	05.09 11	—	36.04				
Надежность	04	28.04	—	32.04 02.12	02.18 01.08	12.32 02.17	12.02 32.04	12.01 02	28.09 11	33.28 10.31	33.28 13.08	26.36	02.28 01				
Точность изготовления	05	12.13	25.06	04.08 15.26	12.01 11.06	04.09 13.39	10.01 08.03	08.10 15.19	12.09 18.19	09.05 40.08	09.05 13.05	—	11.99 05				
Точность измерения	06	04.20 09	09.01 11	09.05	20.04 09	09.01 10.04	04.01 29.10	20.08 04.18	20.03 09	12.20 09	12.20 09	—	10.09 13				
Сложность устройства	07	05.11 04	05.21 19.08	10.16 —	08.03 01	05.10 15.26	05.10 02.23	05.19 11	18.19 11	40.08 25.15	40.08 14.04	—	02.01 11.05				
Сложность контроля и измерения	08	13.12	28.21	26.04	01.26	13.10 01.26	20.11 01.26	12.13 01.16	05.18 10	08.03 16.02	08.03 16	01.30 07.08	08.01 16	01.12 07.08			
Удобство изготовления	09	03.12 02.09	28.11 03	01.37	01.08 03.27	04.14 07.16	03.13 26.11	13.10 06	04.18 13.03	13.03 37.18	04.10 13.03	03.24	08.81				
Удобство эксплуатации	10	09.17 12.04	09.01 25	04.11 01	05.09 37	29.05 11.07	20.11 03.29	10.13 11	11.19 03.18	01.15 05.02	03.11 18	—	05.08 11				
Удобство ремонта	11	03.28 05.39	05.01 02	03.28	11	05.13 01.28	05.13 01.28	24.02 11	07.03 11	07.02 09.05	07.03 04.16	07.03 09.08	—	07.03 09.08			
Потери информации	12	—	—	—	—	02.18 01	02.01 35	—	08	02.08	—	—	08.02				
Внешние вредные факторы	13	06.01 27.03	01.18 25.06	11.01 23.06	21.05 27	21.33 13.23	05.01 11.18	21.38 01.05	03.08 09.11	08.21 31.05	03.18 20.13	—	33.21 21.77	01.05			
Вредные факторы самого объекта	14	07.01 21.05	01.17 13.23	01.04 03.17	05.38 13.96	08.21 07.23	01.21 03.23	08.18 05.18	08.01 23.09	05.01 06	05.01 20	08.21 06	05.21				
Длина подвижного объекта	15	32.01 14.15	03.32 07.15	19.02 24	03.32 01	32.07 14.15	—	04.04 08	04.18 13.29	03.01 37.32	32.01 —	—	34.05 28.04				
Длина неподвижного объекта	16	07.22	23.27	04.02	03.22	—	01.04 17.14	12.01 30.06	12.29	—	37.32	—	01.23				
Площадь подвижного объекта	17	12.07 17.22	28.05 11.23	08.25 01.05	02.07 26.04	05.19 14.4	—	05.07 16	07.09 08.11	08.02 09.06	08.09 —	—	07.19 25.10				
Площадь неподвижного объекта	18	17	05.30	03.06	02.07	—	25.05 22.06	01.23 30	—	19.09	—	—	19.34 25				
Объем подвижного объекта	19	39.22 07.34	04.02 03.23	07.01 26.27	20.01 26.27	05.10 14.17	—	12.23 02.06	02.11 05	01.20 11.06	01.20 11.06	01	—	34.97 11.16			
Объем неподвижного объекта	20	39.22 19.07	18.04 01.17	05.06 27	18.01 —	—	01.02 08.32	01.20 24	—	25.20	—	—	—				
Форма	21	25.22 02.17	38.03 06.24	01.02 27.17	15.07 02.22	32.02 14.17	07.02 14.17	21.22 10.12	11.07 08.09	24.20 09	05.20 05	—	—	22			
Скорость	22	32.12 10.22	04.38 03.06	11.04 07.08	20.06 30.17	05.04 11.30	—	04.25 26.05	02.11 08	08.01 30.05	32.07 01.30	—	22.40 08.01				
Время действия подвижного объекта	23	13.12 02	11.12 01	08.05 16	08.02 1.3	08.35 15.31	—	08.01 23	05.08 24.01	08.02 01.30	04.20 01.06	—	—				
Время действия неподвижного объекта	24	—	23.12 01.36	—	—	20.13 08.16	08.06 26.17	—	16	—	—	—	—				
Потери времени	25	14.12 04.06	01.12 31.35	02.27 26.35	27.26 24	02.46 27.01	02.40 19.15	01.14 33.06	03.08 10.19	01.40 03.23	01.30 08.06	03	02.35 06.09				
Количество вещества	26	22.01 15.02	07.05 19.17	01.22 12	02.26 22.06	01.20 06.31	13.10 06.01	12.19 23	—	01 06.31	15.14 16.06	12.01 31	34.06 29				
Потери вещества	27	01.04 31.17	05.22 26.17	22.07 06.17	12.26 06.17	01.20 17.07	13.08 13.03	33.26 17	03.20 09.07	04.13 02.10	01.06 08.01	04.13 01	01.13 01				
Прочность	28	—	11.19 01	02.06 12.22	02.12 06.17	03.32 17.07	17.01 13.03	25.02 17	01.08 09.07	02.10 01.04	01.06 02	—	—	—			
Устойчивость состава объекта	29	19.39 07	—	02.01 33.16	05.01 17	33.01 05.23	10.23 03.17	01.03 09	09.12 13.07	09.01 13.31	11.08 14.06	13.24 23.20	22.05 23.20				
Сила	30	01.02 22.13	01.02 33	—	06.33 28	32.03 27.06	06.11 03.04	01.02 33	—	01.40 06.27	01.30 02.27	—	05.26 26.27				
Напряжение, давление	31	39.06 12.17	01.38 05.17	26.01 33	—	02.26 27.17	11.14 02.06	—	20.14 24.30	08.03 09	37.26 06.31	01.37 15.31	—	28.05 15.08			
Все подвижного объекта	32	04.13 06.17	03.03 08.23	32.02 06.27	02.26 27.17	—	—	20.14 24.30	08.03 09	37.26 06.31	01.37 15.31	—	28.05 15.08				
Все неподвижного объекта	33	04.05 02.13	16.23 03.17	32.02 08.01	11.14 62.06	—	—	04.08 09.21	01 08.09	07.08 06.21	—	06.08 04.03	06.08 04.07				
Температура	34	02.25 21.17	03.01 09	01.02 12.33	01.23 08.05	26.21 20.30	21.01 09	—	09.25 33.16	05.22 19.29	08.07 12.19	—	33.19 01.30				
Освещенность	35	01.04 13	09.12 20	10.08 —	—	08.03 09	05.01 09	09.01 08	—	09	09.03 08	09.11 03.07	08.81 03.20				
Мощность	36	10.02 04	01.09 07.31	10.05 26.01	21.02 01.30	32.26 19.13	08.10 19.29	05.22 08	16.20 —	—	16.20 08.27	—	02.01 30				
Затраты энергии подвижным объектом	37	35.08 39.01	08.11 19.18	16.10 33.05	36.22 29	37.06 04.31	—	08.18 12.22	05.07 08	20.08 27.06	—	—	37.21 07.18				
Затраты энергии неподвижным объектом	38	01 14.06	13.24 20.13	26.27 08.01	—	—	08.39 20.13	—	08.05 01.09	—	—	—	—				
Потери энергии	39	10 23.20	22.05 23.20	26.30 —	—	07.20 08.04	08.10 08.39	08.30 34	03.11 09.07	12.30	—	—	—				
Таблица Альтишуллера	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39					

Приложение 4

Каталог специализированных А-Навигаторов

01	Изменение агрегатного состояния
02	Предварительное действие
03	Дробление
04	Замена механической среды
05	Вынесение
06	Использование механических колебаний
07	Динамизация
08	Периодическое действие
09	Изменение окраски
10	Копирование
11	Наоборот
12	Местное качество
13	Дешевая недолговечность вместо дорогой долговечности
14	Использование пневмо- и гидроконструкций
15	Отброс и регенерация частей
16	Частичное или избыточное действие
17	Применение композиционных материалов
18	Посредник
19	Переход в другое измерение
20	Универсальность
21	Обратить вред в пользу
22	Сфериональность
23	Применение инертной среды
24	Асимметрия
25	Использование гибких оболочек и тонких пленок
26	Применение фазовых переходов
27	Применение теплового расширения
28	За ранее подложенная подушка
29	Самообслуживание
30	Применение сильных окислителей
31	Применение пористых материалов
32	Антивес
33	Прокск
34	Матрешка
35	Объединение
36	Обратная связь
37	Эквипотенциальность
38	Однородность
39	Предварительное антидействие
40	Непрерывность полезного действия

01	НАВИГАТОР ИЗМЕНЕНИЯ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА	<p>a) Сюда входят не только простые переходы, например, от твердого состояния к жидкому, но и переходы к «псевдосостояниям» («псевдожидкость») и к промежуточным состояниям, например, использование эластичных свойств твердых тел;</p> <p>b) Изменить концентрацию или консистенцию, степень гибкости, температуру и т. п.</p>
	<p>1. Применение магнитореологических или электрореологических жидкостей с управляемой степенью вязкости от жидкого состояния до твердого.</p> <p>2. При неудачном тренировочном прыжке спортсмена с вышки в бассейне тренер включает подачу импульса сжатого воздуха в область надения спортсмена в воду, при этом вода «вспенивается» и становится «мягкой», исключающей травмирование спортсмена.</p> <p>3. Участок аварийного торможения на посадочном полосе аэродрома, выполненный в виде бассейна, заполненного вязкой жидкостью, покрытой толстым слоем эластичного материала; тоже — с заполнением сыпучим материалом.</p>	
02	НАВИГАТОР ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ	<p>a) Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично);</p> <p>b) Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на доставку.</p>
	<p>1. Заготовку детали делают по форме и размерам, близким к конечным.</p> <p>2. Перед посадкой растений (томаты и др.) в грунт садоводы выращивают дома рассаду.</p> <p>3. Для улучшения и ускорения полива деревьев, посаженных вдоль улиц, вокруг основания дерева в грунт вставлены пластмассовые трубы.</p>	
03	НАВИГАТОР ДРОБЛЕНИЯ	<p>a) Разделить объект на независимые части;</p> <p>b) Выполнить объект разборным;</p> <p>c) Увеличить степень дробления (измельчения) объекта.</p>
	<p>1. Многоступенчатая ракета.</p> <p>2. Пневматическая шина, разделенная на независимые секции для повышения живучести.</p> <p>3. Вместо пилы для резания камня применили струю жидкости (с абразивным порошком), подаваемую под большим давлением.</p>	
04	НАВИГАТОР ЗАМЕНЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	<p>a) Заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»;</p> <p>b) Использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;</p> <p>c) Перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных — к меняющимся во времени, от неструктурированных — к имеющим определенную структуру;</p> <p>d) Использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.</p>
	<p>1. Станки и транспортирующие системы на основе линейного шагового двигателя.</p> <p>2. Навигатор действия ксерокопировального аппарата или струйно-чернильного включает создание электростатического поля со структурой, точно соответствующей изображению (соответственно, копируемому или выводимому из компьютера) и управляющему интенсивностью и координатами нанесения красящих частиц на чистый лист бумаги.</p> <p>3. Применение магнитореологических и электрореологических жидкостей (см. прием № 01)</p>	

05	НАВИГАТОР ВЫНЕСЕНИЯ	Отделить от объекта «мешающую часть» («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственную нужную часть (нужное свойство).
	1. Педали велосипеда мешали, будучи когда-то установленными на переднем колесе; позже их перенесли на раму. 2. Робот-рука достает из «Шаттла» и выпускает на орбиту спутники; этот метод заменяет запуск нескольких ракет-носителей, как это было ранее. 3. За кораблем на тросе под водой буксируется негерметичный прозрачный модуль с исследователями или туристами в аквалангах; модуль имеет рули глубины.	
06	НАВИГАТОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	a) Привести объект в колебательное движение; b) Если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой); c) Использовать резонансную частоту; применить пьезовибраторы; d) Использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.
	1. Способ термокомпрессионной сварки, например, для присоединения проводника к металлизированной контактной плащадке интегральной микросхемы, при котором прижимающему рабочему органу сообщают механические колебания с управляемой частотой в ультразвуковом диапазоне. 2. Детали сообщают механические колебания с целью измерения значений резонансных частот для обнаружения отклонений и выявления наличия дефектов. 3. Ультразвуковой скальпель для хирургических операций.	
07	НАВИГАТОР ДИНАМИЗАЦИИ	a) Характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом шаге работы; b) Объект разделить на части, способные перемещаться относительно друг друга; c) Если объект неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся
	1. Автомобиль со всеми поворачивающимися колесами. 2. Самолет с переменной стреловидностью крыла. 3. Столбик для блокировки несанкционированного занятия автостоянки, снимаемый или укрепленный (вертикально или горизонтально) на шарнире и снабженный замками, придающими столбнику жесткость в рабочем положении; см. также п.35.2 в навигаторе № 35 — шарнирное соединение секций составного судна. 4. Один из выставочных павильонов фирмы Сименс с подвижной системой защиты от солнца на всю высоту (!) здания.	
08	НАВИГАТОР ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	a) Перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному); b) Если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность; c) Использовать паузы между импульсами для другого действия.
	1. Способ управляемой термообработки деталей, использующий локальное воздействие охладителем в импульсном режиме с управляемыми параметрами импульсной подачи охладителя в совокупность охлаждаемых зон (см. также навигатор № 12). 2. Параллельно установленные гребные винты с пересекающимися траекториями вращения синхронизированы так, что лопасти каждого винта проходят в пространстве между лопастями другого (см. также навигатор № 34).	

09	НАВИГАТОР ИЗМЕНЕНИЯ ОКРАСКИ	<p>a) Изменить окраску объекта или внешней среды;</p> <p>b) Изменить степень прозрачности объекта или внешней среды;</p> <p>c) Для наблюдения за плохо видимыми объектами или процессами использовать красящие добавки;</p> <p>d) Если такие добавки уже применяются, использовать люминофоры.</p>
		<p>1. Утюг с инфракрасным излучателем и прозрачным основанием;</p> <p>2. В поток рабочего вещества (воздуха — в аэродинамической трубе; воды или иной жидкости — в гидродинамической трубе) добавляются красящие вещества для видеорегистрации процессов движения рабочих веществ относительно испытуемого объекта.</p> <p>3. Волокна с люминогенами добавляются в материал, из которого изготавливают ценные бумаги и денежные банкноты.</p>
10	НАВИГАТОР КОПИРОВАНИЯ	<p>a) Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;</p> <p>b) Заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями); использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии);</p> <p>c) Если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным или ультрафиолетовым.</p>
		<p>1. Манекены и роботы — объемные и плоские; увеличенные, уменьшенные или в реальную величину; неподвижные или подвижные; «говорящие» или «поющие» и т. п. — для привлечения внимания прохожих около кафе, магазинов, бюро путешествий, выставочных стендов и т. п.</p> <p>2. На «плоском» рентгеновском снимке одновременно делается снимок масштабных горизонтальной и вертикальной линеек; на «стереоскопическом» рентгеновском снимке делается снимок «мерного стереоскопического куба», что позволяет точно определить расположение очага заболевания в трехмерном пространстве.</p> <p>3. Голографическое «натуральное» изображение дорогостоящих изделий, картин, скульптур.</p>
11	НАВИГАТОР «НАОБОРОТ»	<p>a) Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать);</p> <p>b) Сделать движущуюся часть объекта (или внешней среды) неподвижной, а неподвижную — подвижной;</p> <p>c) Перевернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.</p>
		<p>1. При резании металлов инструмент нужно охлаждать, для чего поливают его и, заодно, деталь охлаждающей жидкостью. Предложена технология с локальным охлаждением инструмента, но с локальным лазерным нагревом (!) зоны резания в детали, что улучшает экономичность и качество обработки (см. также навигатор № 21).</p> <p>2. Многочисленные тренажеры и испытательные стенды: спортсмен относительно помещения (земли) не перемещается, а перемещается подвижная часть имитатора — в бассейне создано управляемое течение для тренировки пловца, воднолыжника; в специальном бассейне проводятся испытания моделей кораблей и подводных аппаратов; в аэродинамической трубе</p> <p>3. «Мощными», включая сверхзвуковые, потоками воздуха испытываются летательные аппараты.</p> <p>4. Чтобы стружка при резании не попадала на деталь, резец устанавливается под деталью.</p>

12	НАВИГАТОР МЕСТНОГО КАЧЕСТВА	<p>а) Перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;</p> <p>б) Разные части объекта должны иметь разные функции;</p> <p>с) Каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее соответствующих ее работе.</p>
13	НАВИГАТОР ДЕШЕВОЙ НЕДОЛГОВЕЧНОСТИ ВЗАМЕН ДОРОГОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ	Заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступивших при этом некоторыми качествами (например, долговечностью)
14	НАВИГАТОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПНЕВМО- И ГИДРОКОНСТРУКЦИЙ	Вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкые: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.
15	НАВИГАТОР ОТБРОСА И РЕГЕНЕРАЦИИ ЧАСТЕЙ	<p>а) Выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. п.) или видоизменена непосредственно в ходе работы;</p> <p>б) Расходуемые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.</p>
16	1. Реактивный самолет или ракета может иметь дополнительные сбрасываемые топливные баки для старта. Аналогично, отбрасываются первые отработавшие ступени ракет. 2. Для игры в гольф на борту океанского лайнера мячи для гольфа делаются из компонентов, которые без вреда могут быть употреблены рыбами или быстро разлагаются. 3. Способ исследования высокотемпературных зон, при котором в исследуемую зону непрерывно подают плавящийся зонд-световод со скоростью, не меньшей скорости плавления.	

16	НАВИГАТОР ЧАСТИЧНОГО ИЛИ ИЗБЫТОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ	Если трудно получить 100 % требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше». Задача может при этом существенно упроститься.
	1. Метод окраски деталей окунанием в ванну с краской и последующим раскручиванием на центрифуге для удаления избыточной краски и предварительного подсушивания. 2. Для улучшения сохранности некоторых видов овощей и фруктов их снимают при неполной спелости, так как они «набирают» полную зрелость без связи с растением, что позволяет во время «дозревания» транспортировать их и намного дольше хранить на складах.	
17	НАВИГАТОР ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	Перейти от однородных материалов к композиционным.
	1. Детали каркаса автомобиля из композиции «сталь—алюминий», «сталь—пеноалюминий» и. в перспективе, возможно, «сталь—пеноалюминий—пеносталь» — высокая прочность сочетается с высоким поглощением вибраций и низким весом, недостижимыми на основе других материалов.	
18	НАВИГАТОР «ПОСРЕДНИКА»	a) Использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие; b) На время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.
	1. Система управления поворотом колес автомобиля включает «устройство-посредник» — сервоусилитель. 2. Диски тренировочной штанги в фитнес-центре покрыты резиной, чтобы уменьшить шум при опускании штанги на пол. 3. Для защиты отдельных участков интегральной микросхемы от воздействия облучения эти участки покрывают (напылением или наращиванием) защищающим веществом, которое впоследствии легко удаляется.	
19	НАВИГАТОР ПЕРЕХОДА В ДРУГОЕ ИЗМЕРЕНИЕ	a) Объект приобретает возможность перемещаться (размещаться) не только по линии, но и в двух измерениях (т. е. на плоскости); возможно улучшение при переходе от движения в плоскости к пространственному; b) Использовать многоэтажную компоновку; наклонить объект или положить его «набок»; использовать обратную сторону данной площади; c) Использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или на обратную сторону имеющейся площади.
	1. Склады-стеллажи в больших магазинах, размещенные непосредственно над торговыми залами; многоэтажные гаражи с лифтами — для хранения лодок. 2. Чертежный стол с переменным наклоном рабочей поверхности (см. также навигатор № 07). 3. Инструкция для применения или настольная игра (в рекламных целях), нанесенная на внутреннюю сторону упаковочной коробки.	
20	НАВИГАТОР УНИВЕРСАЛЬНОСТИ	Объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.
	1. Универсальный велосипедный ключ, имеющий множество вырезов на все нужные размеры гаек. 2. Универсальный комби-автомобиль. 3. Многофункциональность: музыкальный центр.	

21	НАВИГАТОР «ОБРАТИТЬ ВРЕД В ПОЛЬЗУ»	а) Использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта; б) Устраниить вредный фактор при сложении с другими вредными факторами; в) Усилить вредный фактор так, чтобы он перестал быть вредным.
1. В асфальт засыпают резиновую крошку, получаемую в результате специального измельчения старых шин (отходы, которые где-то нужно хранить!), для повышения эластичности дорожного полотна, что снижает «шумность» дорожного покрытия, уменьшает истирание колес автомобилей и замедляет процесс «появления» дополнительных изношенных шин. 2. См. пример № 11.1: действие тепла усилено, но сделано направленным и локализованным.		
22	НАВИГАТОР СФЕРОИДАЛЬНОСТИ	а) Перейти от прямолинейных частей объекта к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба или параллелепипеда, к шаровым конструкциям; б) Использовать ролики, шарики, спирали; в) Перейти к вращательному движению, использовать центробежную силу.
1. Мебель для детской комнаты без острых элементов конструкции. 2. Транспортер деталей методом «самоспуска» между станками, установленными на разной высоте, выполнен в виде спирали с определенным углом для исключения разгона деталей до неприемлемых скоростей. 3. С целью повышения износостойкости электроды для точечной электросварки выполнены в виде вращающихся роликов.		
23	НАВИГАТОР ПРИМЕНЕНИЯ ИНЕРТНОЙ СРЕДЫ	а) Заменить обычную среду инертной; б) Вести процесс в вакууме.
1. Для предохранения загорания хлопка при хранении его подвергают обработке инертным газом. 2. Обработка кремниевых пластин в среде инертного газа: выполнение некоторых операций проводится в вакууме, например, напыление путем испарения в вакууме, ионное легирование и др.		
24	НАВИГАТОР АСИММЕТРИИ	а) Перейти от симметричной формы объекта к несимметричной. б) Если объект уже асимметричен, увеличить степень асимметрии.
1. В отличие от других кораблей авианосец имеет несимметричную конструкцию главной палубы: стартовая полоса, под углом к ней — посадочная полоса, а сбоку от них — командный пункт; этим создаются условия для независимого старта и посадки самолетов. 2. Правая фара автомобиля направляет световой поток прямо, а левая — под углом вправо. 3. Книшки для детей: несимметричной формы — со скосами под различными углами, со сложными вырезами — для привлечения внимания и улучшения запоминания.		
25	НАВИГАТОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБКИХ ОБОЛОЧЕК И ТОНКИХ ПЛЕНОК	а) Вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки; б) Изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.
1. Тонкопленочные конструкции в микроэлектронике. 2. Декоративные гальванические, проклеиваемые и напыляемые покрытия в виде пленок: для отделки зеркал и посуды — металлической и неметаллической; для создания оптических и автомобильных стекол, многослойных «бронестекол» и т. д. 3. Всевозможные теплицы и парники.		

26	НАВИГАТОР ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ	Использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например, изменение объема, выделение или поглощение тепла и т. д.
	1. Конструкция тепловой трубы для теплопереноса от нагретой зоны к холодной (нагреваемой) с помощью испарения теплоносителя на высокотемпературном конце трубы (с поглощением тепла) и конденсации этого теплоносителя на низкотемпературном конце (с отдачей тепла). 2. Тонкостенные пластмассовые емкости с заранее замороженными кубиками льда укладываются в переносной контейнер для краткосрочного поддержания переносимых материалов, например, лекарств или продуктов, в охлажденном состоянии.	
27	НАВИГАТОР ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ	a) Использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов; b) Использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.
	1. Биметаллические пластины из материалов с разным коэффициентом теплового расширения используются для размыкания или замыкания электрических цепей при повышении или понижении контролируемой температуры. 2. Конструкция крыши парника из шарнирно-закрепленных пустотелых трубок, внутри которых находится легкоиспаряющаяся жидкость. При изменении температуры меняется центр тяжести трубок, поэтому крыша парника «сама» приподнимается при повышении температуры и опускается при ее понижении.	
28	НАВИГАТОР «ЗАРАНЕЕ ПОДЛОЖЕННОЙ ПОДУШКИ»	Компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.
	1. Надувные подушки в автомобиле. Спасательные лодки, круги, надувные плоты, жилеты и т. д. на кораблях и самолетах. 2. Аварийные съезды-«оловители» на горных дорогах на случай отказа двигателя или тормозов. 3. Пожарные огнетушители, находящиеся в зданиях на доступных местах и готовые к применению при простейших подготовительных действиях.	
29	НАВИГАТОР САМООБСЛУЖИВАНИЯ	a) Объект сам себя должен обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции; b) Использовать отходы (энергии, вещества).
	1. Колесо со встроенной ампулой с веществом для автоматической заделки мелкой пробоины. 2. Автомобильный кондиционер использует «даровое» тепло работающего двигателя.	
30	НАВИГАТОР ПРИМЕНЕНИЯ СИЛЬНЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ	a) Заменить обычный воздух обогащенным; b) Заменить обогащенный воздух кислородом; c) Воздействовать на воздух или кислород ионизирующими излучениями; d) Использовать озонированный кислород; e) Заменить озонированный (или ионизированный) кислород озоном.
	1. Плазменно-дуговая резка нержавеющей стали в среде чистого кислорода. 2. Интенсивная кратковременная обработка озоном овощехранилищ и хранимых овощей или фруктов.	

31	НАВИГАТОР ПРИМЕНЕНИЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	<p>а) Выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.); б) Если объект уже был выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.</p> <p>1. Подшипники скольжения, турбинные лопатки и т. д., выполненные в виде пористого материала, заполненного или пополняемого принудительно смазывающим или охлаждающим веществом. 2. Всевозможные лечебные и косметические накладки, повязки, маски и т. д., пропитанные дезинфицирующими, обезболивающими, лечебными или витаминными препаратами.</p>
32	НАВИГАТОР АНТИВЕСА	<p>а) Компенсировать вес объекта соединением с другими объектами, обладающими подъемной силой; б) Компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро-, гидродинамических и других сил).</p> <p>1. Воздушный шар, дирижабль, парашют, корабль, подводная лодка; запатентована идея дома, вспывающегося при наводнении — подвал сделан в виде понтонов, заполненных пенопластом. 2. Скоростной катер с подводными крыльями.</p>
33	НАВИГАТОР ПРОСКОКА	<p>Вести процесс или его отдельные этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.</p> <p>1. В п. 40.2 навигатора № 40 лазерный луч как бы мгновенно «проскакивает» над фотошаблоном, уходя с предыдущего («убегающего») и переходя на следующее («набегающее») зеркало, и поэтому не попадает в «ненужном месте» на создаваемый фотошаблон. 2. Устройство для разрезания эластичных (пластмассовых и др.) тонкостенных труб большого диаметра, в котором нож так быстро рассекает трубу, что она не успевает деформироваться.</p>
34	НАВИГАТОР МАТРЕШКИ	<p>а) Один объект размещен внутри другого объекта, который в свою очередь находится внутри третьего и т. д.; б) Один объект проходит сквозь полость в другом объекте.</p> <p>1. Телескопическая удочка; выдвижная стрела подъемного крана на автомобильной платформе.</p>
35	НАВИГАТОР ОБЪЕДИНЕНИЯ	<p>а) Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты; б) Объединить во времени однородные или смежные операции.</p> <p>1. Ракетная двигательная система из 4,6,8 и более отдельных двигателей 2. Речное или морское составное судно, состоящее из нескольких несамоходных секций и одной или более самоходных секций. Секции могут быть соединены жестко либо шарнирно.</p>
36	НАВИГАТОР ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	<p>а) Ввести обратную связь; б) Если обратная связь есть, изменить ее.</p> <p>1. Устройство для поддержания заданной скорости движения непрерывно измеряет действительную скорость и по возникающим отклонениям увеличивает или уменьшает подачу топлива в двигатель так же, как это делает опытный водитель.</p>

37	НАВИГАТОР ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНОСТИ	Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.
	1. Ванна с водонепроницаемой дверцей в боковой поверхности для входа в ванну и выхода из нее малоподвижных людей (полезна также система ускоренного удаления воды из ванны). 2. «Переходы», соединяющие соседние здания на одном или нескольких этажах.	
38	НАВИГАТОР ОДНОРОДНОСТИ	Объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).
	1. Контакты внутри микроэлектронных схем соединяются проводниками из того же материала, обычно, из золота; контакты разъемов микросхем и печатных плат для предупреждения вредных физико-химических явлений также покрываются или изготавливаются из одних и тех же материалов. 2. Взаимодействующие зубчатые колеса в силовых передачах делаются обычно из одного материала, чтобы избежать неодинакового износа.	
39	НАВИГАТОР ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНТИДЕЙСТВИЯ	Если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.
	1. Предварительно напряженный железобетон: чтобы бетон лучше работал на растяжение, его предварительно «укорачивают» путем сжатия. 2. Железнодорожное полотно на поворотах имеет наклон в сторону, противоположную направлению центробежной силы, возникающей на повороте.	
40	НАВИГАТОР НЕПРЕРЫВНОСТИ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ	a) Вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой); b) УстраниТЬ холостые и промежуточные ходы.
	1. Способ, по которому лазерный луч создает «рисунок» на фототаблоне при прямом и обратном ходе луча (метод «качающегося» зеркала). 2. Способ, по которому лазерный луч создает «рисунок» на фототаблоне только при прямом ходе без холостого перехода, так как отражается другим зеркалом, сменяющим предыдущее (метод «вращающихся» зеркал) — см. также навигатор № 33.	

Приложение 5

Каталог фундаментальных А-Навигаторов

№	Название	Содержание	Пример
01	Разделение в пространстве	Одно свойство реализовано в одной области пространства, а противоположное — в другой.	Пересекающиеся дороги разнесены на разные уровни — одна проходит выше другой
02	Разделение во времени	Одно свойство реализовано в одном интервале времени, а противоположное — в другом.	Работа светофора на перекрестке.
03	Разделение в структуре	Часть системы обладает одним свойством, а вся система в целом — противоположным	Гибкая велосипедная цепь состоит из твердых звеньев.
04	Разделение в веществе (энергии)	Вещество или энергетическое поле (или их части) обладает для одной цели одним свойством, а для другой цели — противоположным.	Вода (<i>жидкое</i>) в трубе замораживается и создает временную пробку (<i>твердое</i>) для ремонта трубы «ниже по течению»

Приложение 6

Каталог фундаментальных А-Навигаторов, А-Компакт-Стандартов и классических стандартов

Базовая модель	Расширенные трансформации	Примеры
1 Разделение в пространстве	1.1. Разделение противоречивых свойств в пространстве	Пр.1. Для пылеподавления при горных работах капельки воды должны быть мелкими. Но мелкие капельки образуют туман. Предложено окружать мелкие капли конусом из крупных
2 Разделение во времени	2.1. Разделение противоречивых свойств во времени	Пр.2. (Стандарт S2 — 2.2.3 ¹). Ширину ленточного электрода меняют в зависимости от ширины сварного шва
3 Разделение в структуре	3.1. Системный переход 1-а: объединение однородных систем в надсистему	Пр.3. (Стандарт S4 — 3.1.1). Слябы (горячие металлические брусы) транспортируют по рольгангам впритык один к другому, чтобы не охлаждались торцы
	3.2. Системный переход 1-б: от системы к антисистеме или сочетанию системы с антисистемой	Пр.4. (Стандарт S4 — 3.1.3). Способ остановки кровотечения: прикладывают салфетку, пропитанную кровью иной группы
	3.3. Системный переход 1-с: вся система наделяется свойством С, а ее части — свойством анти-С	Пр.5. (Стандарт S5 — 3.1.5). Рабочие части тисков для защимов деталей сложной формы: каждая часть (стальная втулка) твердая, а в целом защим податливый — способен менять форму
	3.4. Системный переход 2: переход к системе, работающей на микроуровне	Пр.6. (Стандарт S5 — 3.2.1). Вместо механического крана — «термокран» из двух материалов с разным коэффициентом линейного расширения. При нагреве образуется зазор

¹ В скобках указаны обозначения компакт-стандартов, например, S2, и стандартов из полного классического каталога, например, 2.2.3.

Продолжение каталога фундаментальных A-Навигаторов

Базовая модель	Расширенные трансформации	Примеры
4 Разделение в веществе (энергии)	4.1. Фазовый переход 1: замена фазового состояния части системы или внешней среды	Пр.7. (Стандарт S2 — 5.3.1). Способ снабжения потребителей газа в шахтах — транспортируют сжатый газ.
	4.2. Фазовый переход 2: «двойственное» состояние одной части системы (переход этой части системы из одного состояния в другое в зависимости от условий работы)	Пр.8. (Стандарт S2 — 5.3.2). Теплообменник снабжен прижатыми к нему «лепестками» из никелида титана (вещество, запоминающее форму); при повышении температуры «лепестки» отгибаются, увеличивается площадь охлаждения
	4.3. Фазовый переход 3: использование явлений, сопутствующих фазовому переходу	Пр.9. (Стандарт S2 — 5.3.3). Приспособление для транспортировки мороженых грузов имеет опорные элементы в виде брусков льда (снижение трения за счет таяния льда)
	4.4. Фазовый переход 4: замена однофазного вещества двухфазным	Пр.10. (Стандарты S2 — 5.3.4 и 5.3.5). Способ полирования изделия. Рабочая среда состоит из жидкости (расплав свинца) и ферромагнитных абразивных частиц
	4.5. Физико-химический переход: возникновение — исчезновение вещества за счет разложения — соединения, ионизации — рекомбинации	Пр.11. (Стандарты S1 — 5.5.1 и 5.5.2). Для пластификации древесины (повышение податливости и эластичности для последующей обработки) аммиаком осуществляют пропитку древесины солями аммония, разлагающимися при трении.

Приложение 7

Каталог фундаментальных трансформаций со специализированными А-Навигаторами

№	Принцип трансформации	Связь с А-Навигаторами
1	Разделение противоречивых свойств в пространстве	<p>05 Вынесение: отделить мешающую часть, выделить нужную часть.</p> <p>10 Копирование: использовать упрощенные и дешевые копии или изображения.</p> <p>19 Переход в другое измерение: увеличить степени свободы движения объекта, использовать многоэтажную компоновку, использовать боковые и другие поверхности.</p> <p>22 Сфериальность: перейти к криволинейным поверхностям и траекториям движения, использовать ролики, шарики, спирали.</p> <p>24 Асимметрия: перейти к асимметричным формам, усилить асимметрию.</p> <p>25 Использование гибких оболочек и тонких пленок: вместо обычных конструкций использовать гибкие оболочки и тонкие пленки.</p> <p>34 Матрёшка: разместить объект последовательно один в другом, пропустить объект через полости (пустоты) в другом.</p>
2	Разделение противоречивых свойств во времени	<p>02 Предварительное действие: полностью или частично выполнить нужное действие; расставить объекты так, чтобы они быстрее вступили в действие.</p> <p>07 Динамизация: сделать объект (части объекта) подвижным, оптимизировать характеристики процесса (объекта) на каждом шагу работы.</p> <p>08 Периодическое действие: перейти от непрерывного действия к периодическому, менять периодичность, использовать паузы.</p> <p>18в Посредник: на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.</p> <p>28 Заранее подложенная подушка: заранее подготовить аварийные средства.</p> <p>33 Проскок: вести процесс на большой скорости, чтобы вредные последствия не успели наступить.</p> <p>35в Объединение: объединить во времени однородные или смежные операции.</p> <p>39 Предварительное антидействие: для совершения основного действия надо предварительно совершить противоположное действие.</p> <p>40 Непрерывность полезного действия: устранить холостые и промежуточные ходы, все части объекта должны непрерывно работать с полной нагрузкой.</p>
3	Разделение противоречивых свойств в структуре	<p>03 Дробление: разделить объект на части, увеличить степень дробления.</p> <p>11 Наоборот: вместо действия, диктуемого обстоятельствами, сделать обратное.</p> <p>12 Местное качество: перейти от однородной структуры к неоднородной, чтобы каждая часть выполняла свою функцию и в лучших условиях.</p>

Продолжение каталога фундаментальных трансформаций

№	Принцип трансформации	Связь с А-Навигаторами
3	<i>Разделение противоречивых свойств в структуре</i>	<p>15 Отброс и регенерация частей: отслужившая часть может быть отброшена или восстановлена во время работы.</p> <p>18а Посредник: использовать промежуточный объект для передачи или переноса действия.</p> <p>35а Объединение: соединить однородные или предназначенные для седных операций объекты.</p>
4	<i>Разделение противоречивых свойств в веществе</i>	<p>01 Изменение агрегатного состояния объекта: изменение концентрации или консистенции, использование свойств эластичности материалов и т. п.</p> <p>17 Применение композиционных материалов: перейти от однородных материалов к композиционным.</p> <p>23 Применение инертной среды: заменить среду инертной, вести процесс в вакууме.</p> <p>26 Применение фазовых переходов: использовать явления, возникающие при фазовых переходах: изменение объема, поглощение (выделение) тепла и т. п.</p> <p>27 Применение теплового расширения: использовать тепловое расширение материалов, использовать материалы с разными коэффициентами теплового расширения.</p> <p>29в Самообслуживание: использовать отходы вещества и энергии.</p> <p>30 Применение сильных окислителей: заменить воздух кислородом, воздействовать на воздух ионизированным излучением, использовать озон.</p> <p>31 Применение пористых материалов: выполнить объект пористым, пористые части заполнить каким-то веществом.</p> <p>38 Однородность: взаимодействующие объекты сделать из одного материала</p>

Приложение 8

Каталог физических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
1	Измерение температуры	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических магнитных свойств вещества. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Тепловое излучение
2	Понижение температуры	Теплопроводность. Конвекция. Излучение. Фазовые переходы. Эффект Джоуля—Томпсона. Эффект Ранка. Магнитокалористический эффект. Термоэлектрические явления
3	Повышение температуры	Теплопроводность. Конвекция. Излучение. Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Дизлектрический нагрев. Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления. Сжатие тела. Ядерные реакции
4	Стабилизация температуры	Фазовые переходы (в том числе переход через точку Кюри). Термовая изоляция
5	Индикация положения и перемещения объекта	Введение меток — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект. Деформация. Рентгеновское и радиоактивное излучения. Электрические разряды. Эффект Доплера. Интерференция
6	Управление перемещением объектов	Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный или электризующийся объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление. Пьезоэффект. Эффект Магнуса
7	Управление движением жидкости и газа	Капиллярность. Оsmос. Электроosмос. Эффект Томса. Эффект Бернулли. Волновое движение. Центробежные силы. Эффект Вайссенберга. «Газирование» жидкостей. Эффект Коанда
8	Управление потоками аэрозолей (пыль, дым, туман)	Электризация. Электрические и магнитные поля. Давление света. Конденсация. Звуковые волны. Инфразвук
9	Перемешивание смесей	Образование растворов. Ультразвук. Инфразвук. Кавитация. Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез. Резонанс
10	Разделение смесей	Электро- и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости — разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы. Фазовые переходы. Диффузия. Оsmос

Продолжение каталога физических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
11	Стабилизация положения объекта	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в магнитном и электрическом полях. Гирокосмический эффект. Реактивное движение. Деформация. Сварка, лиффузионная сварка. Фазовый переход
12	Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших и малых давлений	Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Оптикоидравлический эффект. Осмос. Сорбция. Диффузия. Эффект Магнуса
13	Изменение трения	Эффект Джонсона—Рабека. Воздействие излучений. Явление Крагельского. Колебания. Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовый переход. Сверхтекучесть. Электроосмос
14	Разрушение объекта	Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Индуцированное излучение. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Взрыв
15	Аккумулирование механической и тепловой энергии	Упругие деформации. Маховики. Фазовые переходы. Гидростатическое давление. Термоэлектрические явления
16	Передача энергии: механической, тепловой, электрической	Деформации. Колебания. Эффект Александрова. Волновое движение, в том числе ударные волны. Излучение. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света (световоды). Индуцированное излучение. Эффект Зеебека. Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость. Преобразование энергии из одного вида в другой, более «удобный» для передачи. Инфразвук. Эффект памяти формы
17	Установление взаимодействия между подвижными (меняющимися) и неподвижными (не меняющимися) объектами	Использование электромагнитных полей (переход от «вещественных» связей к «полевым»). Использование потоков жидкостей и газов. Эффект памяти формы
18	Измерение размеров объектов	Измерение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических параметров. Голография
19	Изменение размеров и формы объектов	Тепловое расширение. Биметаллические конструкции. Деформации. Магнитоэлектрострикция. Пьезоэлектрический эффект. Фазовые переходы. Эффект памяти формы
20	Контроль состояния и свойств поверхности	Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия. Мицровый эффект. Излучения. Голография
21	Изменение поверхностных свойств	Трение. Адсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Облучение. Наклеп. Термообработка

Продолжение каталога физических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
22	Контроль состояния и свойств в объеме	Введение «меток» — веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Поглощение, отражение, преломление света. Электро- и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Измерение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук, инфразвук. Эффект Мессбауэра. Эффект Холла. Голография. Акустическая эмиссия
23	Изменение объемных свойств объекта	Изменение свойств жидкости (плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект. «Газированное» жидкостей, вспенивание. СВЧ излучение
24	Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Интерференция волн. Дифракция. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные и электрические поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация
25	Индикация электрических и магнитных полей	Осмос. Электризация тел. Электрические разряды. Пьезо- и сегнетоэлектрические эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкинса и Баркгаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гиромагнитные и магнитооптические явления. Электролюминесценция. Ферромагнетизм
26	Идикация излучения	Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотопластический эффект. Электрический разряд
27	Генерация электромагнитного излучения	Эффект Джозефсона. Явление индуцированного излучения. Туннельный эффект. Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова. Эффект Зеемана.
28	Управление электромагнитными полями	Экранирование. Изменение состояния среды, например, увеличение или уменьшение ее электропроводности. Изменение формы поверхности тел, взаимодействующих с полями. Пинч-эффект
29	Управление потоками света. Модуляция света	Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость, эффекты Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца-Кельдаша. Преобразование светового потока в электрический сигнал и обратно, стимулированное излучение
30	Инициирование и интенсификация химических превращений	Ультразвук. Инфразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Электрические разряды. Деформации. Ударные волны. Каталитизация. Нагрев
31	Анализ состава тел	Сорбция. Осмос. Электрические поля. Воздействие излучений. Анализ излучения тел. Оптикоакустический эффект. Эффект Мессбауэра. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс. Поляризованный свет

Приложение 9

Каталог химических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Химический эффект, явление, типы реакций вещества
1	Измерение температуры	Термохромные реакции. Сдвиг химического равновесия при изменении температуры. Хемилюминесценция
2	Понижение температуры	Эндотермические реакции. Растворение веществ. Разложение газов
3	Повышение температуры	Экзотермические реакции. Горение. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Использование сильных окислителей. Использование термитных составов
4	Стабилизация температуры	Использование гидратов металлов. Применение тепловой изоляции из вспененных полимеров
5	Индикация положения и перемещения объекта	Использование меток на основе веществ-красителей. Хемилюминесценция. Реакция с выделением газов
6	Управление перемещением объектов	Реакции с выделением газов. Горение. Взрыв. Применение поверхностно-активных веществ. Электролиз
7	Управление движением жидкости и газа	Использование полупроницаемых мембран. Транспортные реакции. Реакции с выделением газа. Взрыв. Использование гидридов
8	Управление потоками аэрозолей, взвесей	Распыление веществ, химически взаимодействующих с частицами аэрозоли. Использование коагулянтов
9	Перемешивание смесей	Смеси из химически невзаимодействующих веществ. Синергетический эффект. Растворение. Транспортные реакции. Реакции окисления — восстановления. Химическое связывание газов. Использование гидратов, гидридов. Применение комплексантов
10	Разделение вещества	Электролиз. Транспортные реакции. Реакции восстановления. Выделение химически связанных газов. Смещение химического равновесия. Выделение из гидридов и адсорбентов. Использование комплексантов. Применение полупроницаемых мембран. Перевод одного из компонентов в другое состояние (в том числе фазовое)
11	Стабилизация положения объекта	Реакции полимеризации (использование клеев, жидкого стекла, самотвердеющих пластмасс). Использование гелей. Применение поверхностно-активных веществ. Растворение связки
12	Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших и малых давлений	Взрыв. Разложение газогидратов, гидридов. Разбухание металлов при поглощении водорода. Реакции с выделением газа. Реакции полимеризации

Продолжение каталога химических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Химический эффект, явление, типы реакций вещества
13	Изменение трения	Восстановление металла из соединения. Электролиз (с выделением газов). Использование поверхностно-активных веществ и полимерных покрытий. Гидрирование
14	Разрушение объекта	Растворение. Реакции окисления — восстановления. Горение. Взрыв. Фото- и электрохимические реакции. Транспортные реакции. Разложение вещества на компоненты. Гидрирование. Смещение химического равновесия в смесях
15	Аккумулирование механической, тепловой и электрической энергии	Экзо- и эндотермические реакции. Растворение. Разложение вещества на компоненты (для хранения). Фазовые переходы, электрохимические реакции. Хемомеханический эффект
16	Передача энергии	Экзо- и эндотермические реакции. Растворение. Хемилюминесценция. Транспортные реакции. Гидриды. Электрохимические реакции. Преобразование энергии из одного вида в другой, более «удобный» для передачи
17	Установление взаимодействия между подвижными и неподвижными объектами	Перемешивание. Транспортные реакции. Смещение химического равновесия. Гидрирование. Молекулярная самосборка. Хемилюминесценция. Электролиз. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез
18	Измерение размеров объектов	По скорости и времени его химического взаимодействия с окружающей средой
19	Изменение размеров и формы объекта	Транспортные реакции. Использование гидридов, гидратов. Растворение (в том числе в сжатых газах). Взрыв. Реакции окисления. Горение. Перевод в химически связанный вид. Электролиз. Использование эластичных и пластичных веществ
20	Контроль состояния и свойств поверхности	Радикало-рекомбинационная люминесценция. Использование гидрофильных и гидрофобных веществ. Реакции окисления — восстановления. Использование фото-, электро-, термохромов
21	Изменение поверхностных свойств	Транспортные реакции. Использование гидратов, гидридов. Применение фотохромов. Реакции окисления-восстановления. Применение поверхностно-активных веществ. Молекулярная самосборка. Электролиз. Травление. Обменные реакции. Использование лаков
22	Контроль состояния и свойств в объеме	Реакции с применением цветореагирующих веществ или веществ — индикаторов. Химические реакции с измерением цвета. Образование гелей
23	Изменение объемных свойств объекта (плотность, концентрация)	Химические реакции, приводящие к изменению состава вещества, из которого изготовлен объект (окислительные, восстановительные реакции, реакции обмена). Транспортные реакции. Перевод в химически связанный вид. Гидрирование. Растворение. Разбавление раствора. Горение. Использование гелей
24	Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта	Электрохимические реакции. Транспортные реакции. Газовые гидраты. Гидриды. Молекулярная самосборка. Комплексоны
25	Индикация электрических полей	Электролиз. Электрохимические (в том числе — электрохромные) реакции

Продолжение каталога химических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Химический эффект, явление, типы реакций вещества
26	Индикация электромагнитного излучения	Фото-, термо-, радиохимические (в том числе фото-, термо-, радиохромные) реакции
27	Генерация электромагнитного излучения	Реакция горения. Хемилюминесценция. Химические реакции в газах — активной среде лазеров. Люминесценция. Биолюминесценция
28	Управление электромагнитными полями	Растворение с образованием электролита. Выделение металлов из окислов и солей. Электролиз
29	Управление потоками света. Модуляция света	Фотохромные реакции. Электрохимические реакции. Реакции обратимого электроосаждения. Периодические реакции. Реакции горения
30	Инициирование и интенсификация химических превращений	Катализ. Использование более сильных окислителей, восстановителей. Возбуждение молекул. Разделение продуктов реакции. Использование омагниченной воды
31	Анализ состава тел	Реакции окисления. Восстановления. Использование веществ-индикаторов
32	Обезвоживание	Перевод в гидратное состояние. Гидрирование. Использование молекулярных мембран
33	Изменение фазового состояния	Растворение. Разложение. Химическое связывание газов. Выделение из растворов. Реакции с выделением газов. Использование гелей. Сжигание
34	Замедление и предотвращение химических превращений	Ингибиторы. Использование инертных газов. Использование инертных газов. Использование веществ-протекторов. Изменение поверхностных свойств (см. п. «Изменение поверхностных свойств»)

Приложение 10

Каталог геометрических эффектов

№	Требуемое действие, свойство	Геометрический эффект
1	Уменьшение или увеличение объема тела при неизменной массе	Плотная упаковка элементов. Гофры. Однолопастный гиперболоид
2	Уменьшение или увеличение площади или длины тела при той же массе	Многоэтажная компоновка. Гофры. Использовать фигуры с переменным сечением. Лента Мебиуса. Использовать соседние площади
3	Преобразование одного вида движения в другой	Треугольник Рело. Конусообразная трамбовка. Кривошипно-шатунная передача
4	Концентрация потока энергии, частиц	Параболоид, эллипс, циклоида
5	Интенсификация процесса	Переход от обработки по линии к обработке по поверхности. Лента Мебиуса. Эксцентриситет. Гофры. Винт. Щетки
6	Снижение потерь энергии или вещества	Гофры. Изменение сечения рабочих поверхностей. Лента Мебиуса
7	Повышение точности обработки	Щетки. Специальный подбор формы или траектории движения обрабатывающего инструмента
8	Повышение управляемости	Щетки. Гиперболоид. Спираль. Треугольник. Использование объектов меняющейся формы. Переход от поступательного движения к вращательному. Несоосный винтовой механизм
9	Снижение управляемости	Эксцентриситет. Замена круглых объектов на многоугольные
10	Повышение срока службы, надежности	Лента Мебиуса. Изменение площади контакта. Специальный выбор формы
11	Снижение усилий	Принцип подобия. Конформные отображения. Гиперболоид. Использование комбинации простых геометрических форм

Указатель примеров

№	Пример	Стр.
001	Пример 1. За 3000 лет от гусиного пера — к авторучке (переход 1)	25
002	Из Примера 1	108
003	Пример 2. За 50 лет от авторучки — к шариковой ручке (переход 2)	26
004	Пример 3. За 25 лет от шариковой ручки — к капиллярной ручке (переход 3)	28
005	Дополнительный пример. Эра электронных ручек	29
006	Пример 4 (Задача). Самолет с вертикальным взлетом-посадкой	75
007	Из Примера 4	109
008	Пример 4 (дополнение)	125
009	Пример 5 (Задача). Дом у реки	76
010	Пример 6 (Задача). Виноградная лоза	76
011	Пример 4 (Решение). Самолет с вертикальным взлетом-посадкой	77
012	Пример 5 (Решение). Дом у реки	78
013	Пример 6 (Решение). Виноградная лоза	78
014	Пример 7. Подъемный кран на автомобильной платформе	79
015	Пример 8. Стронтельный мусоропровод	80
016	Пример 9. Шоколадная конфета «Kinder-Сюрприз»	80
017	Пример 10. Как спасают пальмы на центральном бульваре от жары	81
018	Из Примера 10	109
019	Пример 11. Как обеспечить подачу газа в шахту	82
020	Пример 12. Как делают шоколадные бутылочки с ликером	83
021	Из Примера 12	110
022	Пример 13. Стрельба по летающим «тарелочкам»	96
023	Пример 14. Свая	98
024	Из Примера 14	110
025	Пример 15. Автомобильная навигационная система	115
026	Пример 16. Изобретение... интереса	115
027	Пример 17. На пути к DVD	116
028	Пример 18. Многопроцессорные системы	116
029	Пример 19. Что общего между кино, электролампочкой и дисплеем?	116
030	Пример 20. Коридор для самолета и спутника	117
031	Пример 21. Солнцезащитные очки	117
032	Пример 22. Электростанция в каминной трубе	117
033	Пример 23. Как увидеть сквозняки в здании	120
034	Пример 24. Кокосовые пальмы	120
035	Пример 25. Лампочка для Лунохода	120
036	Пример 26. Вода в воде	120
037	Пример 27. Тренажер-стойка в фитнес-центре (начало)	126

Продолжение указателя примеров

№	Пример	Стр.
038	Пример 28. Виброударное забивание сваи (начало)	126
039	Пример 29. Вывод группы спутников на точные орбиты (начало)	126
040	Пример 30. Лекционная доска (начало)	127
041	Пример 31. Купол Рейхстага (начало)	127
042	Пример 32. Разделительный барьер (начало)	129
043	Пример 33. Реакция водителя автомобиля (начало)	130
044	Пример 34. Свая (начало последнего примера, связанного со сваями)	130
045	Пример 35. Ремонт трубопровода (начало)	130
046	Пример 36. Лекционная доска (обострение проблемной ситуации по примеру 30)	130
047	Пример 37. Купол Рейхстага (обострение проблемной ситуации по примеру 31)	131
048	Пример 38. Ваза в музее	132
049	Пример 39. Киль яхты	132
050	Пример 40. Токостемник трамвая	133
051	Пример 41. Вездеход-неваляшка	136
052	Пример 42. Зимние ботинки	137
053	Пример 43. Столик для работы или приема пищи в постели	137
054	Пример 44. Лестница мемориала	138
055	Пример 45. Бутылочка с опасным веществом	138
056	Пример 27. Тренажер-стойка в фитнес-центре (окончание)	141
057	Пример 28. Виброударное забивание сваи (окончание)	142
058	Пример 29. Вывод группы спутников на точные орбиты (окончание)	143
059	Пример 30. Лекционная доска (окончание)	144
060	Пример 31 и 37. Купол Рейхстага (окончание)	146
061	Пример 32. Разделительный барьер (окончание)	147
062	Пример 33. Реакция водителя автомобиля (окончание)	147
063	Пример 34. Свая (окончание примера, связанного со сваями)	148
064	Пример 35. Ремонт трубопровода (окончание)	150
065	Пример 46. Лекционная доска («окончательное окончание» примера 30)	150
066	Пример 47. Судно на подводных крыльях	152
067	Пример 48. Солнечный дом	155
068	Пример 49. Стена	157
069	Пример 50. Градирня	158
070	Пример 51. Диск штанги	170
071	Пример 52. Разъем платы	171
072	Пример 53. Медные проводники на микрочипах	171
073	Пример 54. Гранулы для сбора нефти	172
074	Пример 55. «Бронированная» бутылка	173
075	Пример 56. Бритва Жиллет	174
076	Пример 57. Стадион «Франция»	175
077	Пример 58. Бетонные конструкции	175
078	Пример 59. Виноградная лоза (решение с помощью интеграции инверсных технических противоречий)	180
079	Пример 60. Нагрев кремниевой пластины	181
080	Пример 61. Тушение пожаров на нефтяных и газовых скважинах	185
081	Пример 62. Джинсы... на удобрение	186

Продолжение указателя примеров

№	Пример	Стр.
082	Пример 63. Новое — это хорошо забытое старое!	187
083	Пример 64. Спасение в снежной лавине	188
084	Пример 65. Сортировка металлического лома	189
085	Пример 66. Фирма Microsoft патентует... куклу!	191
086	Пример 67. Защита автомобиля от несанкционированного доступа	192
087	Пример 68. Ветровые электростанции	194
088	Пример 69. Шумящая сеть	196
089	Пример 70. Раклett? А почему бы и нет?!	198
090	Пример 71. «Крышка» над дымоходом	201
091	Пример 72. Нагрев кремниевой пластины (решение на основе интеграции физических противоречий)	207
092	Пример 73. Две шляпки одним ударом	208
093	Пример 74. Сейф с двойным дном на пляже	209
094	Пример 75. Фундаментальные трансформации в пространстве	210
095	Пример 76. Фундаментальные трансформации во времени	211
096	Пример 77. Фундаментальные трансформации в структуре	212
097	Пример 78. Фундаментальные трансформации в веществе	213
098	Пример 79. Тренировка по прыжкам в воду	214
099	Пример 80. Для тех, кто любит газоны, но не очень любит их стричь	215
100	Пример 81. Кто победит — вертолет или самолет?	216
101	Пример 82. Протезирование сосудов	219
102	Пример 83. Естественный свет в зале парламента	220
103	Пример 84. Газовая турбина концерна СИМЕНС	221
104	Пример 84. Газовая турбина концерна СИМЕНС (окончание)	311
105	Пример 85. Самолет XXI века?	224
106	Пример 86. Все ли гвозди цилиндрические?	234
107	Пример 87. Приятный... шум улицы	234
108	Пример 88. Контроль износа двигателя	235
109	Пример 89. Распустится ли роза, срезанная еще бутоном?	235
110	Пример 90. Можно ли изобрести новый «принцип действия» футбольного мяча?	236
111	Пример 91. Мощная звуковая колонка... на ладони	236
112	Пример 92. Идеальная салфетка для очистки поверхностей от грязи	237
113	Пример 93. Сказочная реальность	239
114	Пример 94. Неподвижный флюгер!	240
115	Пример 95. Perpetuum Mobile для человечества?!	242
116	Пример 96. Финиковая пальма	270
117	Пример 97. Электроника и компьютеры	273
118	Пример 98. Микропроцессоры и микросхемы памяти	274
119	Пример 99. Удаленное считывание данных	275
120	Пример 100. Электрическое мотор-колесо	275
121	Пример 101. Коллекция ножей	277
122	Пример 102. Крылья летательных аппаратов	277
123	Пример 103. «Забивание свай»	280
124	Пример 104. Дробление хирургического инструмента	280
125	Пример 105. Дробление резака газонокосилки	280

Продолжение указателя примеров

№	Пример	Стр.
126	Пример 106. Дробление вещества в паре скольжения	280
127	Пример 107. Дробление вещества в контактной паре	281
128	Пример 108. Введение пористого вещества для смазки подшипника	281
129	Пример 109. Введение пористого вещества для повышения надежности шин	281
130	Пример 110. (начало). Колесо велосипеда	282
131	Пример 110. (окончание)	283
132	Пример 111. Подшипник скольжения?	283
133	Пример 112. Струнная Транспортная Система А. Юницкого	284
134	Пример 113. Закалочная ванна (начало).	298
135	Пример 113. (Продолжение 1)	299
136	Пример 113. (Продолжение 2)	299
137	Пример 113. (Продолжение 3)	299
138	Пример 113. (Продолжение 4)	301
139	Пример 113. (Продолжение 5)	301
140	Пример 113. (Продолжение 6)	302
141	Пример 113. (Продолжение 7)	303
142	Пример 113. (Продолжение 8)	304
143	Пример 113. (Продолжение 9)	304
144	Пример 113. (Продолжение 10)	305
145	Пример 114. Магнитный фильтр	309
146	Пример 115. Развитие магнитного фильтра	309
147	Пример 116. Магнитный вентиль	309
148	Пример 117. Бесфильерное волочение проволоки	310
149	Пример 118. Способ шлифования	310
150	Пример 119. Способ распыления расплавов	311
151	Пример 120. Способ интенсификации процесса	311
152	Пример 121. Нефтепровод	318
153	Пример 122. РВС-моделирование	324
154	Пример 123. Кольцо на земном шаре	325
155	Пример 124. Космический транспорт и космическое индустриальное кольцо А. Юницкого	325
156	Пример 125. Адаптивный полировальный круг	329
157	Пример 126. Удержание большого тонкого стеклянного листа в вакууме	338
158	Пример 127. Ортопедическое изобретение FITBONE	345
159	Пример 128. Прогулочная подводная лодка	377
160	Пример 129. Летающая цистерна	378

Ответы и решения

Практикум к разделам 3—5

34. Портрет звука. Практически применено соединение физического (отражение звука) и геометрического эффектов: пещера имеет форму правильного эллипса (даже дыни в объемном представлении), поэтому звук от хлопка ладонями или крик в одном из центров эллипса многократно отражается от стен и потолка и долго не затихает. Эти десятикратно сложившиеся эхо напоминают топот целого стада. Негромкие звуки возвращаются как... «ответ предков», нарисованных на стенах.

35. Александрийский маяк. Свое имя строитель скрыл под толстым слоем штукатурки, а имя императора написал сверху штукатурки, которая, конечно, со временем обсыпалась (ресурс времени, материала и пространства — см. прием 34 Матрешка).

36. Загадки пирамид. Использовался физический эффект («горизонтальность» жидкости в относительно короткой емкости — желобе, трубке, траншее) и эффекты геометрического подобия:

а) предположительно, по периметру основания будущей пирамиды выкапывалась траншея, которая заполнялась водой. По наклону уровня воды относительно краев траншеи можно было судить о горизонтальности подготовленной строительной площадки.

б) этот ответ известен достоверно. Высота пирамиды контролировалась на основе принципа подобия по сравнению с высотой вертикально стоящей вехи в момент, когда высота вехи становилась равной длине ее тени. В этот момент длина тени пирамиды была равна ее высоте.

с) могло использоваться свойство прямой линии. С двух сторон можно было установить по две вехи так, чтобы третья веха, установленная в середине площадки была бы третьей точкой, лежащей на двух взаимно перпендикулярных прямых линиях, каждая из которых включает две вехи и центральную веху. По мере роста пирамиды достаточно было контролировать положение центральной вехи, поднимающейся вместе с верхним строительным уровнем.

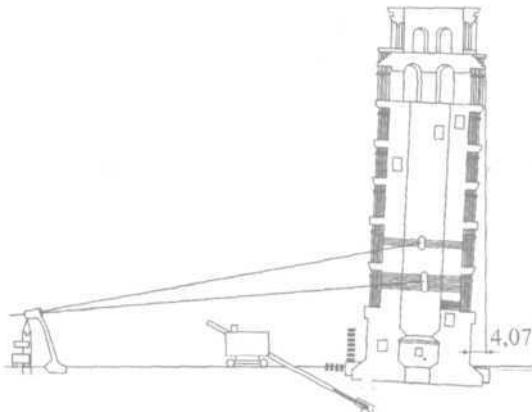
д) есть две гипотезы, основанные на одном и том же эффекте: куча песка, насыпаемая строго с вершины, как псевдотекущее твердое тело имеет форму правильного конуса, угол наклона образующей которого составляет около 52°. Тогда можно было вместо средней вехи для контроля за симметрией пирамиды насыпать достаточно высокий песчаный конус, и при строительстве пирамиды контролировать одновременно симметрию и углы наклона граней. По второй

гипотезе пирамида строилась насыпанием конуса в центре строительной площадки до самого верха пирамиды. По мере роста гигантского искусственного конуса он обкладывался блоками (которые мы и видим снаружи пирамид), и в конусе устраивались из блоков укрепленные помещения и проходы.

37. Посол Исмений. Посол умышленно уронил перстень с пальца и наклонился, чтобы поднять его. Противоречие разрешено в структуре (действии): по внешнему проявлению одно и то же, а по содержанию — нет.

38. Коронация императоров. Карл Великий выхватил корону из рук Папы и сам надел себе на голову. То же сделал и Наполеон. Противоречие разрешено в пространстве и во времени — часть целого действия (коронование) выполнила одна персона, а другую часть — другая.

39. Пизанская башня. Ответ на второй вопрос (см. рисунок): с северной стороны под основанием башни были просверлены 12 отверстий, фундамент осел, и вылет 7-го яруса башни уменьшился на 40 см и достиг, как считают, безопасной величины в 4,07 м.



Практикум к разделам 6—7

40. Кубик льда. Функциональное идеальное моделирование: форма имеет вид перевернутой усеченной пирамиды с достаточно пологими углами наклона граней, из которой лед, расширяясь, будет «извлекаться» сам. Усиление: дно формы сделано гибким и также заполнено водой, которая при замерзании вытолкнет кубики вверх. Приемы и стандарты, связанные с фазовым переходом.

41. Агрессивная жидкость. Идеальный конечный результат: налить агрессивную жидкость в стакан из испытуемого материала (прием 11 Наоборот).

42. Колпачок для свечи. Колпачок укреплен на проволочном держателе, имеющем в основании форму трубки, надеваемой прямо на верхнюю часть свечи. По мере горения верхняя часть свечи и держатель с колпачком опускаются. Приемы 5, 6, 21, 29.

43. Кремлевские звезды. Ось вращения звезды смещена так, что звезда приобретает функцию флюгера. Чем сильнее ветер, тем надежнее звезда устанавливается по ветру (приемы 21 Обратить вред в пользу и 29 Самообслуживание).

44. Заварник для чая. В нижней передней части заварника делается накопитель для чаинок (см. рисунок). Разрешение противоречия в пространстве и структуре.



45. Игрушка. Надувная или раздвижная игрушка. Разрешение противоречия во времени, пространстве и структуре.

46. Переход на пляж. Для того, чтобы песок с пляжа не переносился обувью на прогулочную зону, используется... солома и скошенная трава. Приемы 18 Посредник, 28 Заранее подложенная подушка и 31 Применение пористых материалов.

47. Тренировка по прыжкам в воду. Ответ в разделе 12.3, пример 79.

48. Поезд метро. Поезд содержит меньше вагонов — разрешение противоречия в структуре и пространстве.

49. Ги де Мопассан и башня Густава Эйфеля. Прием 34 Матрешка, но главное — разрешение противоречия в структуре и пространстве: чтобы не видеть целого, можно забраться в часть этого целого.

50. Направление движения жидкости в трубе. Разрешение противоречия в веществе и во времени: нагреть пятно на трубе около повреждения и измерять температуру трубы недалеко от места нагрева. Если температура вырастет, то вода течет в направлении от места нагрева к месту измерения. Если температура не изменится, то вода течет в обратном направлении.

51. Полки в обувном магазине. Отдельные коробки выдвинуты и играют роль полок. Приемы 5, 12, 13, 19, 24.

Практикум к разделам 10—13

52. Рекламный плакат (1). Фирма 3M, USA включила в клеевой слой стеклянные микрошарики. До прижатия плакат легко перемещается. Разрешение противоречия во времени, материале и структуре. Использован комплексный стандарт на введение добавок и принцип интеграции альтернативных систем.

53. Рекламный плакат (2). Плакат сделан из перфорированного материала — изнутри хорошо видно все, что находится снаружи, так как глаза находятся достаточно близко к отверстиям перфорации. Разрешение противоречия в структуре и материале. В регионах с жарким климатом появляется сверхэффект — плакат защищает от солнца.

54. Любая сковородка — тефлоновая! Прием 18 Посредник: фирма Дюпон (США) выпускает тефлоновые пленки многократного применения, укладывающиеся в посуду.

55. Дверной звонок. Приемы 4, 5, 10, 12: используется миниатюрный, лежащий в кармане источник звука с радиоприемным устройством, а от кнопки дверного звонка срабатывает радиопередатчик, запускающий «карманный звонок». Следующая задача: как сделать, чтобы во всех соседних квартирах не срабатывали «карманные звонки», если гость пришел к одному из соседей?

56. Износ шин. Фирма Мишлен (Франция) выпустила цветные автопокрышки, которые могут стать весьма модными. По аналогии и на основе нескольких технических эффектов, например, на химическом эффекте 22, можно сделать покрышку, об износе которой можно судить по стиранию верхнего цветного слоя до появления сигнального слоя другого цвета.

57. Нейтрализация выхлопных газов холодного двигателя. Фирма SAAB (Швеция) выпустила экспериментальный автомобиль, в котором в течение некоторого времени после пуска двигателя выхлопные газы собираются в емкость, занявшую часть багажника, а в катализатор подаются после достаточного его прогрева. Химический эффект 10 Разделение веществ вместе с приемами 5 Вынесение и 39 Предварительно антидействие.

58. Греющая одежда. Фирма Gateway Technologies (USA) выпустила ткань, включающую микрокапсулы с полиэтиленгликолем. При замерзании это вещество отдает часть тепла, которое было накоплено, когда ткань находилась в теплом помещении. Комплексный стандарт на введение добавок и технические эффекты, связанные с фазовыми переходами веществ, например, физический эффект 4 Стабилизация температуры.

59. Микропинцет. Применение веществ с памятью формы по физическим эффектам 6 и 12.

60. Как живут орлы и грифы? Физический эффект 17 и прием 18 Посредник: в настоящее время это можно сделать достаточно просто и эффективно — установить для наблюдения миниатюрные передающие телевизионные камеры с автономными источниками питания.

61. Белый светодиод. Исследователи Института прикладной физики твердого тела во Фрайбурге (Германия) ввели несколько микрограммов люминисцентного красителя в прозрачный линзообразный корпус синего светодиода. Краситель поглотил синее излучение нитрида галлия, и световод стал светиться белым светом. Химический эффект 27 и другие.

62. Зеркало для телескопа. Медленное вращение 45-тонной расплавленной массы в специальной форме приводит к образованию параболического тела

вращения. Можно сказать, что на заводе Шотт (Германия) применили несколько геометрических эффектов, включая эффект 8 Повышение управляемости, а также физический эффект 6 Управление перемещением объектов.

63. Заморозка ягод и фруктов. Заморозку ведут в потоке сильно охлажденного (псевдоожженного) воздуха. Продукты успевают обморозиться до соприкосновения с конвейером и поэтому не смерзаются вместе. В новой установке, созданной в Санкт-Петербурге (Россия) просматривается применение приема 33 Проскок и физических эффектов из группы 2 Понижение температуры и группы 6 Управление перемещением объектов.

64. Непадающая зубная щетка. См. пример 41 в разделе 9.2 Функциональное идеальное моделирование

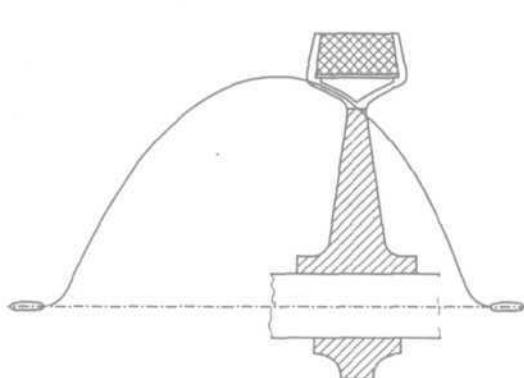
65. Тренировка скалолазов. Учеными из Университета Потсдам (Германия) разработан специальный стенд на основе вращающегося диска с укрепленными на нем выступами для зацепления руками и ногами. Ось вращения диска также может менять положение. Приемы 7, 10, 19, 20, 22.

66. Супермаховик. Решение основано на тонком физическом эффекте:

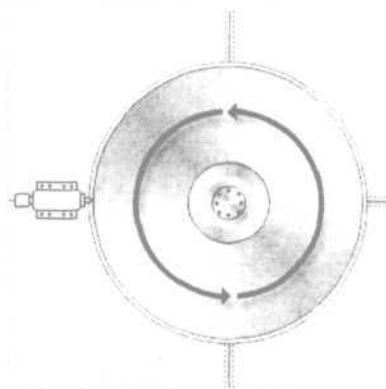
Конструкции, имеющие в статике форму «застывшей» динамической поверхности с определенными свойствами, ведут себя в динамике и под нагрузкой подобно эластичным объектам. Так и поверхность опоры центра имеет изгиб по аналогии с линией наибольшего напряжения вращающейся скакалки.

Такой центр изобретен в коллективе создателя супермаховиков и двигателей на их основе профессора Гулия в Московском авиационном институте (Россия).

67. Испытания провода. На фирме SIEMENS (Deutschland) кусок контактного провода замкнули в кольцо диаметром 3 метра и закрепили на диске, вращающим управляемым электродвигателем. На этом стенде испытываются также новые токосъемники и изучаются процессы искрообразования и электромагнитных излучений. Приемы 7, 10, 11, 22 вместе с физическими эффектами 17, 20 и другими.



Скалка как прототип принципа действия центра супермаховика



Контактный провод

Практикум к разделам 14—15

Задачи 35—43 на момент выхода книги не имеют контрольных ответов.

Практикум к разделам 16—17

44. Закалочная ванна. Завершите решение трех задач для примера 14.1, основываясь на формулировках, полученных в примере 14.1 (продолжение 10 в конце раздела 14.2). Контрольное решение: создание в ванне слоя из углекислого газа.

Ответы на другие вопросы и задачи 45—48 нужно искать самостоятельно.

Практикум к разделам 18—19

49. «Увидеть» невидимое. На тело проецируется копия будущего потока рентгеновских лучей, но в виде безвредного и видимого светового излучения. Излучаемый свет используется перед включением рентгеновского аппарата. Прием 09 и 10.

50. Допустить «невозможное». Все контрольные идеи имеются, но не приводятся, чтобы не ограничивать Ваших поисков.

51. Понять «непостижимое». Контрольное решение имеется, но — единственный случай в этом учебнике — не приводится. Найдите решение самостоятельно.

52. Достойные цели. Задачи носят учебный характер и предназначены для дискуссий в творческой аудитории. Это — вызов всем изобретателям.

Указатель терминов

А

- А-Каталог 182, 393
А-Матрица 182, 389
А-Навигатор 73, 74, 393
АРИЗ — Алгоритм решения изобретательских задач 64, 72
А-Стандарт 64, 72, 102, 387, 404

Б

- Базовые трансформации (навигаторы) 71, 81, 165

В

- Верификация — четвертый заключительный этап Мета-АРИЗ, предназначенный для проверки качества идеи решения 105, 306

Д

- Диагностика — первый этап Мета-АРИЗ, на котором исследуется проблемная ситуация 105, 297

З

- Закон роста идеальности 263

И

- Изобретение 35
ИКР — идеальный конечный результат 134
Инверсное техническое противоречие 165, 180
Индуктор 107

К

- Комплексные трансформации (навигаторы) 71, 82, 165, 169

Л

- Линии системо-технического развития 266

М

- Макроуровень 265
Максимальная задача 252
Мета-АРИЗ (Мета-алгоритм изобретения) 92, 105 (рис. 7.12)

Микроуровень 265

Минимальная задача 252

ММФ — метод моделирования маленькими фигурками 328

О

Открытие 35

П

Прием 71, 165, 183

Проблема, проблемная ситуация 89, 297

Противоречие 122

Р

Развертывание системы 272

PBC — навигатор «Размер—Время—Стоимость» 324

Редукция — второй этап Мета-АРИЗ, на котором проблема и система моделируются в виде противоречий, ИКР и других моделей 106, 139

Реинвентинг 21

Ресурсы 112

Рецептор 108

С

Свертывание системы 272

Сверхэффект 160

Специализированные трансформации (навигаторы, приемы) 71, 165, 393

Стандарт 71, 165, 387, 404

СТР — системо-технические ресурсы 118, 119

СФМ — структурно-функциональная модель 165, 386

Т

Техническое противоречие 125

Тип ресурса 118, 119

Трансформация — третий этап Мета-АРИЗ, предназначенный для генерации идеи решения с помощью навигаторов и примеров-аналогов 106, 139

ТРИЗ — Теория решения изобретательских задач 20, 54, 56

ТРИЗ-Законы 263

У

Уровень изобретения 36

Ф

Физическое противоречие 128

ФИМ — функциональная идеальная модель 134

ФТР — физико-технические ресурсы 118, 119

Фундаментальные трансформации (навигаторы) 71, 81, 165, 210

Э

Эффект — Модель и навигатор трансформации на основе физических, химических и других явлений 71, 81, 165, 231, 406, 411, 414

Б

BS — Brainstorming (брейнсторминг) 50

С

CICO — Метод Cluster In Cluster Out 200

CROST (Constructive Resource-Oriented Strategy of Thinking/Transforming) — Конструктивная Ресурсно-Ориентированная Стратегия Мышления/Трансформации 14, 349

Н

HSP — Homo Sapiens Progressus (Человек Разумный Развивающийся) 19

М

MFO — Method of Focal Object (метод фокального объекта) 48

MMA — Morphological Analysis (метод морфологического анализа) 52

MP — Main Parametr (главный параметр) 257

MPF — Main Positive Function (главная позитивная функция) 36, 254

Н

NF — негативная функция 254

О

OZ — Operative Zone (оперативная зона) 107

Р

PF — позитивная функция 254

С

SYN — Synectics (синектика) 51

S-Кривая эволюции главного параметра системы 257

Избранные работы Г. С. Альтшуллера

1. О психологии изобретательского творчества. Журнал «Вопросы психологии» (М, 1956. № 6; с Р. Шапиро).
2. Как научиться изобретать (1961).
3. Основы изобретательства (1964).
4. Алгоритм изобретения (1973).
5. Творчество как точная наука (1979).
6. И тут появился изобретатель (1984, 1987, 1989).
7. Найти идею (1986).
8. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности (1994; с И. Верткиным).

Дополнительные источники информации

на русском языке

www.altshuller.ru
www.ariz.ru
www.natm.ru
www.trizland.ru
www.triz-ri.ru
www.triz.org.ru
www.trizway.ru

на английском языке

www.triz-journal.com

веб-сайты автора

www.modern-triz-academy.ru
www.modern-triz-academy.com
www.easytriz.com
www.handytriz.com

Оглавление

Презентация книги специалистом ТРИЗ.....	4
Предисловие автора к первому и второму изданиям на русском языке.....	6
ТРИЗ в начале XXI века. Предисловие автора.....	13
ВВЕДЕНИЕ.....	17
1. Изобретение цивилизации.....	18
2. Рейнвентинг — ключевая концепция обучения и самообучения для ТРИЗ.....	21
МЕТОДЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ.....	33
3. Изобретение.....	34
3.1. Открытие и изобретение	34
3.2. Уровни изобретений.....	36
4. Изобретательское творчество.....	38
4.1. Изобретение теорий изобретения	38
4.2. Традиционные методы изобретения	48
5. Классическая ТРИЗ.....	54
5.1. Идеи ТРИЗ.....	54
5.2. Становление классической ТРИЗ.....	56
5.3. Структура классической ТРИЗ.....	62
Практикум к разделам 3—5.....	67
А-СТУДИЯ: АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ МЫШЛЕНИЯ.....	69
6. От практики к теории.....	70
6.1. А-Навигация мышления.....	70
6.2. А-Навигаторы изобретения.....	74
7. Дисциплина творчества.....	86
7.1. Вдохновение и дисциплина.....	86
7.2. Мета-Алгоритм Изобретения.....	92
8. Оперативная зона.....	107
8.1. Эпицентр проблемы.....	107
8.2. Ресурсы.....	112
9. От существующего к возникающему.....	122
9.1. Противоречия.....	122
9.2. Функциональное идеальное моделирование.....	131
9.3. Редукция и трансформации.....	139
9.4. Классификация А-Моделей трансформации.....	162
Практикум к разделам 6—9.....	164

КЛАССИЧЕСКИЕ НАВИГАТОРЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ	167
10. Навигаторы стандартных решений	169
10.1. Таблица комплексных трансформаций	169
10.2. Принципы применения стандартных решений	170
11. Навигаторы решения технических противоречий	180
11.1. Интеграция инверсных технических противоречий	180
11.2. А-Каталог и А-Матрица специализированных навигаторов	182
11.3. Принципы применения специализированных навигаторов	184
11.4. Интеграция альтернативных противоречий — метод СICO	182
12. Навигация решения физических противоречий	206
12.1. Интеграция физических противоречий	206
12.2. Каталоги фундаментальных навигаторов	210
12.3. Принципы применения фундаментальных навигаторов	214
13. Навигаторы поиска нового принципа функционирования	231
13.1. Каталоги технических эффектов	231
13.2. Принципы применения технических эффектов	233
Практикум к разделам 10—13	245
СТРАТЕГИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ	247
14. Управление развитием систем	249
14.1. Развитие систем	249
14.2. «Идеальная машина»	254
14.3. Кривая роста главного параметра системы	257
15. Классические ТРИЗ-модели инновационного развития	263
15.1. ТРИЗ-Законы развития систем	263
15.2. Линии системо-технического развития	266
15.3. Интеграция альтернативных систем	282
Практикум к разделам 14—15	293
ТАКТИКА ИЗОБРЕТЕНИЯ	295
16. Диагностика проблемы	297
16.1. Типы проблемных ситуаций	297
16.2. Алгоритм диагностики проблемной ситуации	300
17. Верификация решения	306
17.1. Эффективность решения	306
17.2. Развитие решения	308
17.3. Алгоритм верификации решения	311
Практикум к разделам 16—17	314
ИСКУССТВО ИЗОБРЕТЕНИЯ	315
18. Практицизм фантазии	317
18.1. Неалгоритмические ТРИЗ-методы	317
18.2. Модели «Фантомограмма» и «Было — Стало»	321
18.3. Моделирование маленькими фигурками	328

19. Интеграция ТРИЗ в профессиональную деятельность.....	331
19.1. Мотивация и развитие личности.....	331
19.2. Адаптация ТРИЗ-знаний к профессии.....	333
19.3. Десять типичных ошибок.....	337
19.4. Примеры реинвентинга.....	338
Практикум к разделам 18—19.....	349
РАЗВИТИЕ ТРИЗ.....	351
20. Выбор стратегии: человек или компьютер?.....	353
20.1. ТРИЗ-знания: стратегии развития и применения.....	353
20.2. Homo Inventor: человек изобретательный.....	356
20.3. CROST: пять ядер творчества.....	359
21. CAI: Computer Aided Innovation/Invention.....	363
21.1. От Invention Machine к Co Brain.....	363
21.2. От Problem Formulator к Innovation Workbench.....	364
21.3. TRIZ Idea Navigator™: интеграция интеллектов.....	365
Послесловие автора.....	380
ПРИЛОЖЕНИЯ: каталоги навигаторов А-студии.....	385
Приложение 1. Каталог Структурно-функциональные модели.....	386
Приложение 2. Каталог А-Компакт-Стандарты.....	387
Приложение 3. А-Матрица для выбора специализированных А-Навигаторов.....	389
Приложение 4. Каталог специализированных А-Навигаторов.....	393
Приложение 5. Каталог фундаментальных А-Навигаторов.....	403
Приложение 6. Каталог фундаментальных А-Навигаторов, А-Компакт-Стандартов и классических стандартов.....	404
Приложение 7. Каталог фундаментальных трансформаций со специализированными А-Навигаторами.....	406
Приложение 8. Каталог физических эффектов.....	408
Приложение 9. Каталог химических эффектов.....	411
Приложение 10. Каталог геометрических эффектов.....	414
Указатель примеров.....	415
Ответы и решения.....	419
Практикум к разделам 3—5.....	419
Практикум к разделам 6—7.....	420
Практикум к разделам 10—13.....	421
Практикум к разделам 14—15.....	424
Практикум к разделам 16 —17.....	424
Практикум к разделам 18 —19.....	424
Указатель терминов.....	425
Избранные работы Г. С. Альтшуллера.....	428
Дополнительные источники информации.....	428

Электронная версия данной книги создана исключительно для ознакомления!

Реализация данной электронной книги в любых интернет-магазинах,

и на CD (DVD) дисках с целью получения прибыли, незаконна и запрещена!

По вопросам приобретения печатной или электронной версии данной книги обращайтесь непосредственно к законным издателям, их представителям,

либо в соответствующие организации торговли!

www.natahaus.ru

Михаил Александрович Орлов

Основы классической ТРИЗ

**Практическое руководство
для изобретательного мышления**

Ответственный за выпуск

В. Митин

Макет и верстка

С. Тарасов

Обложка

Е. Холмский

ООО «СОЛОН-ПРЕСС»

123242, г. Москва, а/я 20

Телефоны:

(095) 254-44-10, (095) 252-36-96, (095) 252-25-21

www.solon-press.ru. E-mail: Solon-Avtor@coba.ru

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «Альянс-книга КТК»

Тел: (495) 258-91-94, 258-91-95

www.abook.ru

ООО «СОЛОН-ПРЕСС»

103050, г. Москва, Дегтярный пер., д. 5, стр. 2

Формат 70x100/16. Объем 27 п. л. Тираж 1500

Отпечатано в ООО «Арт-диал»

143983, МО, г. Железнодорожный, ул. Керамическая, д. 3

Заказ № 139

Самые ценные продукты — принципиально новые идеи.

Генрих Альтшуллер,
инженер, изобретатель, писатель, педагог,
основатель ТРИЗ

Теория Решения Изобретательских Задач, рожденная в России, сегодня быстро осваивается ведущими компаниями мира, например, Mitsubishi, Samsung, Hewlett Packard, General Electric, Siemens.

Dr. Georg Kinnemann, Siemens LA Postautomation GmbH, Berlin:

В ТРИЗ связаны стратегия и практика технического мышления с моделями интуитивного изобретательского творчества. Становится возможным находить ошеломляющие и экономные решения даже там, где годами выпускается определенный продукт и все верят, что известны все возможные решения на основе новейших исследований.

Dr. Andreas Neuer, SRAM Deutschland GmbH, Schweinfurt:

Многие, и я в том числе, были поражены, когда наши собственные творческие находки были нами «переоткрыты» в ТРИЗ, но уже в систематизированной форме. Даже в такой «исходенной» области с долгой историей исследований, как велосипедная техника, методы ТРИЗ нашли полезное применение.

Dr. Dietmar Zobel, Ingenieurburo fur Systemtechnik, Lutherstadt Wittenberg:

Мета-Алгоритм Изобретения профессора Михаила Орлова на самом деле является - в полном смысле слова - навигатором при переработке и решении изобретательских задач.



Профессор М.Орлов имеет уже 40-летний опыт применения ТРИЗ. Он известен специалистам как эксперт по управлению развитием сложных систем в таких областях как электроника и компьютерная техника, самолетостроение, космическая индустрия, судостроение, приборостроение. Более 20 лет он преподает в высших учебных заведениях, а также читает лекции и консультирует многие компании в Европе и Америке, имеет более 50 изобретений, патенты в США и Англии, является основателем международной тренинговой и консалтинговой компании Modern TRIZ Academy, Берлин, Германия. Он развивает эффективные структурные представления инструментов ТРИЗ и интеграцию ТРИЗ с альтернативными методами.

ISBN 5-98003-191-X



9 785980 031916



93 006026 08200693