

Меерович М. И., Шрагина Л. И.

Системное мышление: формирование и развитие

ПРОС



Серия «Библиотека создания инноваций. ТРИЗ»

Меерович М. И., Шрагина Л. И.

СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ: ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ

УДК 001, 376, 378

ББК 74.5

М 42

Меерович М. И., Шрагина Л. И.

Системное мышление: формирование и развитие. Учебное пособие.

ISBN 978-5-91359-332-0

Системное мышление — это способность осознанно рассматривать объекты и явления окружающего мира как системы в их развитии и взаимосвязи, анализировать возникающие проблемные ситуации, выявлять противоречия, которые их создали, и находить наиболее эффективные решения возникших проблем.

Эти навыки безусловно необходимы для руководителей всех уровней государственных и частных компаний, менеджеров, инженеров, конструкторов и разработчиков, создающих перспективные конкурентно-способные образцы в любой предметной области.

В учебном пособии обобщен более чем 20-тилетний опыт авторов по созданию технологии формирования системного мышления в ходе учебной деятельности с помощью комплексов упражнений, выполняемых по специально разработанным алгоритмам на основе функционально-системного подхода и теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Для учебных заведений и всех читателей, заинтересованных в своем профессиональном и личностном росте.

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов. <i>Системное мышление: потребности и проблемы</i>	6
Введение. <i>Опережающая педагогика: задачи и возможности</i>	11

ЧАСТЬ 1.

Функционально-системный подход и его инструменты

Глава 1. Системное мышление и методы его формирования	19
Глава 2. Системный подход как методология	24
Глава 3. Развитие системы образования в контексте функционально-системного подхода	34
Глава 4. Устанавливаем причинно-следственные связи: проблема Робинзона	44
Глава 5. Изучаем системы в развитии: генетический анализ технической системы	58
Глава 6. От системного анализа проблемы — к поиску ее решения: алгоритм решения проблемных ситуаций	74
<i>Проблема 1. Лампа Г.Н. Бабакина</i>	76
<i>Проблема 2. Игла для хирургических операций</i>	79
<i>Проблема 3. Радиостанция для альпинистов</i>	82
<i>Проблема 4. О температуре химического раствора</i>	86
Глава 7. К идеальному конечному результату: поиск ресурсов внутри системы	97
<i>Проблема 1. Мешалка для расплава стали</i>	99

<i>Проблема 2. «Идеальная прачечная»</i>	105
Глава 8. Через системную логику — к воображению	109
<i>8.1. Поиск общих признаков</i>	112
<i>8.2. «Третий — лишний»</i>	115
<i>8.3. Поиск аналогов</i>	117
<i>8.4. Поиск противоположного объекта</i>	118
<i>8.5. Поиск возможных причин</i>	119
<i>8.6. Мысль другими словами</i>	120
<i>8.7. Эти три слова — обязательно!</i>	121
<i>8.8. Алгоритм определения искусственных объектов</i>	124

ЧАСТЬ 2.

Системный подход в технических системах

Глава 9. Сущность физического противоречия	129
<i>Проблема 1. О техническом водопроводе</i>	131
<i>Проблема 2. О запайке ампул</i>	141
<i>Проблема 3. О вентиляции бурта хлопка</i>	146
Глава 10. Законы природы и принцип действия системы	161
<i>Немножко физики, немножко химии</i>	161
<i>...и немножко геометрии</i>	180
Глава 11. От идеи — к конструкции: создание целостного образа	191
<i>Проблема 1. Об установке радиоэлектронных элементов на печатной плате (задача И.П. Горчакова)</i>	192
<i>Проблема 2. Центрифуга Г.Х. Подойницына</i>	198
<i>Проблема 3. О выеденном яйце</i>	207
<i>Проблема 4. О водосточной трубе</i>	208
<i>Проблема 5. О герметизации кабины стратостата</i>	208
Глава 12. Законы развития технических систем: учимся прогнозировать	210

ЧАСТЬ 3. От ТРИЗ — к ТРИС

Глава 13. Социально-экономические проблемы глобализации в контексте законов развития искусственных систем.....	231
<i>Минимальная схема социума как искусственной системы</i>	<i>233</i>
Глава 14. Системный анализ конфликта: возможна ли толерантность?	238
Глава 15. О понятии «Достойная цель» в жизнетворчестве	250
Заключение.....	256

Приложения

Приложение 1. Схема АРПС	258
Приложение 2. АРПС: 10 шагов	262
<i>Литература</i>	<i>271</i>

ОТ АВТОРОВ

Системное мышление: потребности и проблемы

Современные требования к системе образования выходят за пределы традиционных методов обучения, передающих определенный объем знаний и развивающих в лучшем случае логическое мышление. Современный выпускник учебного заведения, тем более профессионального, должен обладать качествами творческой личности, умеющей находить решения проблемных ситуаций, в основе которых лежит диалектическое противоречие. Системное мышление как основной компонент профессионального требует осознания стратегии мыследеятельности и проявляется в виде стиля мышления. Для формирования навыков системного мышления предлагаются комплексы упражнений, выполняемых по специально разработанным алгоритмам.

В психологических теориях, разрабатывающих проблему мышления, мышление рассматривается как система интеллектуальных операций, генетически связанных с практическими действиями и

визуальными образами. Решающее значение в процессе мышления играет субъективный фактор, так как мыслит реальный человек, для деятельности которого характерно единство мотивационно-волевого и эмоционально-интеллектуального компонентов. Для мыслящей личности мышление является инструментом познания.

Современные тенденции в образовании направлены на обучение практическому применению знаний, на выработку стиля мышления, позволяющего анализировать проблемы в любой области жизни.

Сознавая все многообразие вопросов, связанных с мышлением, авторы сознательно ограничивают круг вопросов, рассматриваемых в данном пособии, только теми, которые связаны с практическими методами формирования системного мышления.

Системный подход предлагает рассматривать мир как комплекс взаимосвязанных элементов, тем самым формируя системное мировоззрение. Это означает, что при восприятии любого более или менее сложного объекта он будет восприниматься как система со своими особенностями функционирования и развития, находящаяся во взаимодействии с другими природно-искусственными системами окружающего мира. Применение системного подхода в любом виде деятельности существенно повышает ее управляемость и, тем самым, эффективность пути к достижению цели.

Под системным мышлением будем понимать мышление, уровень развития которого позволяет наиболее эффективно выполнять его основные функции, и проявляется в умениях:

- рассматривать объекты и явления окружающего мира как системы в их развитии и взаимосвязи;
- анализировать ситуации, явления и процессы, происходящие в природе и обществе, уметь устанавливать причинно-следственные связи и выявлять противоречия и закономерности, их порождающие;
- обнаруживать скрытые зависимости и связи;
- находить новые идеи в проблемных ситуациях — в тех ситуациях, когда нет готовых способов действия;

— интегрировать информацию, делать выводы, позволяющие предвидеть последствия (Шрагина, 2012).

Системное мышление формируется в специально организованной учебно-профессиональной деятельности как результат целенаправленного воздействия на процесс выполнения субъектом мыслительных операций с целью получения наиболее эффективных решений проблемных ситуаций.

Для этого учебный материал должен вводиться не как описательный, а как содержащий реальную проблему, для поиска решения которой учащийся должен владеть соответствующей методологией. Важнейшим результатом такого учебного процесса станет переход от преимущественно нерефлексивного к осознанному овладению и владению мыслительными приемами и операциями. Аналогичные теоретические концепты были заложены в основу проблемного обучения, предложенного еще в конце 60-х — начале 70-х годов XX ст. Однако практическое внедрение проблемного обучения в учебный процесс затормозилось по двум основным причинам: из-за отсутствия «банка» проблемных ситуаций и неподготовленности педагогов к переконструированию учебного материала. С позиций психологических основной причиной задержки обучения системному мышлению считается недостаточность внимания к тому, каким образом рефлексированы ситуации организованного и организуемого мышления (Анисимов, 1990).

Авторы, однако, считают, что внедрение методов формирования системного мышления сдерживалось не столько из-за отсутствия «банка» проблемных ситуаций, сколько из-за отсутствия технологии, позволяющей реализовать вышеизложенные цели даже при наличии такого банка. Без такой технологии все предложения сводятся к общим рекомендациям типа «для эффективного решения проблемы ее необходимо глубоко и всесторонне проанализировать». При этом ни методы анализа проблемы, ни критерии для оценок не предлагаются.

Данная работа предлагает практическую методологию формирования системного мышления на основе теории решения изо-

бретательских задач (ТРИЗ), разработанной Г.С. Альтшуллером (Альтшуллер, 1979).

ТРИЗ создавалась, чтобы заменить интуитивные «озарения», которые приводят талантливых инженеров и ученых к выдающимся изобретениям и открытиям, такой стратегией мышления, которая позволяла бы каждому хорошо подготовленному специалисту получать такие же результаты. Уже из самой постановки задачи видно, что ТРИЗ может быть использована с целью формирования системного мышления как осознанного, целенаправленного и управляемого процесса мыследеятельности. Так возникла идея об обратной задаче, педагогической: методами ТРИЗ формировать качества творческого мышления сначала в ходе специальных занятий, а позднее — непосредственно в учебном процессе. Такая возможность подтверждается результатами исследований американских психологов, проведенных еще в 1959 г.: креативность (способность к творчеству) имеет общую основу независимо от сферы деятельности и, наработанная на одном материале, может быть перенесена на другой материал.

Предлагаемая методология на основе ТРИЗ представляет собой комплекс из двух систем упражнений — для развития системного мышления и воображения. Отличительной особенностью комплекса является:

1. Наличие системы проблемных ситуаций на выявление противоречий как одного из основных факторов творческого интеллекта. Решение этих проблем осуществляется по алгоритму решения проблемных ситуаций (АРПС).

2. Направленность на развитие воображения как главного компонента творческого мышления.

3. Упражнения по развитию воображения выполняются по специально разработанным алгоритмам в соответствии с требованиями функционально-системного подхода, что создает, помимо развивающего, еще и обучающий эффект (Меерович, Шрагина, 1997).

В предлагаемой технологии авторы рассматривают процесс мышления как управляемый процесс по выполнению определен-

ных психических операций, необходимых для поиска решения сложной проблемы.

Структурно книга разделена на три части. В первой части пособия «**Функционально-системный подход и его инструменты**» изложен материал, который представляет собой основу предлагаемой методологии и может быть использован широким кругом преподавателей-предметников и спецдисциплин. Несмотря на то, что в качестве объекта анализа использованы реальные изобретательские задачи из самых разных областей техники, для поиска их решения не требуются никакие специальные знания, а только умение (и желание!) выявлять причинно-следственные связи и противоречия и строить умозаключения.

В первую часть включены также комплексы упражнений на развитие творческого воображения.

Вторая часть пособия «**Системный подход в технических системах**» также не требует специальных знаний выше объема средней школы. В ней углубляются и развиваются основные положения теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), при этом основной акцент ставится на возможностях ТРИЗ как **методологии формирования системного мышления** для решения разнообразных технических проблем, отделяя специфический аспект проблемы от неспецифического.

В третьей части пособия «**ОТ ТРИЗ — К ТРИС**» авторы проводят анализ и поиск решения разнообразных по содержанию нетехнических проблем, демонстрируя на этих примерах возможности разработанной ими теории развития искусственных систем — ТРИС.

ВВЕДЕНИЕ

Опережающая педагогика: задачи и возможности

Темп научно-технического прогресса требует от исполнителя, обслуживающего технологию, высокой интеллектуальной реакции и постоянной необходимости переучиваться. Современная же система образования ориентирована в основном на подготовку исполнителей, у которых готовность к творческой деятельности не сформирована. Выявленные психологами качества творческой личности, соответствующие требованиям современной экономики, определяют задачи системы образования, но не дают методов реализации этих задач.

Для выработки навыков системного мышления предлагаются разработанные в техническом творчестве в форме нежестких алгоритмов инструменты теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), в которых сконцентрировались творческие стратегии мышления. Адаптация этих инструментов для системы образования и является содержанием данного учебного пособия.

Развивая ТРИЗ, авторы разработали основы теории развития искусственных систем (ТРИС) и показали, что развитие нетехнических систем также происходит по объективным законам.

Приходится бежать со всех ног,
только чтобы остаться на том же месте.
Если хочешь попасть в другое место,
нужно бежать вдвое быстрее.

Льюис Кэрролл.
Алиса в стране чудес.

В условиях современного постиндустриального информационного общества насущной становится потребность в переподготовке персонала с целью приобретения новых знаний и навыков, что порождает ряд противоречий:

1. С одной стороны, появление новых наук расширяет диапазон специальностей, создавая новые системные и междисциплинарные связи, ознакомление с которыми требует больших затрат времени. С другой стороны, необходимость досконально изучить проблему ограничивает область, требуя сосредоточить усилия на узком участке.

2. Специализация направления разработок, как правило, сужает область применяемых методик, порождая профессиональный консерватизм. При этом теряется способность воспринимать что-то принципиально новое, необычное для хорошо знакомой области. Широта же знаний, в свою очередь, не всегда предоставляет возможность сделать правильный выбор наиболее целесообразной методики.

3. Общество заинтересовано в узких специалистах, обеспечивающих высокую производительность труда, в том числе и интеллектуального, а знания быстро устаревают. Подготовка же новых специалистов требует больших затрат.

4. Срабатывает здесь и психологический фактор: личность комфортно чувствует себя в знакомой области и, естественно, сопротивляется переходу в новую незнакомую среду. Развитие же экономики требует каждый раз специалистов для новых направлений.

Из этих противоречий следует: тенденция увеличения расходов на подготовку и переподготовку кадров неизбежна.

Чтобы разрешить возникшие противоречия, необходимо определить условия, при которых исполнитель будет осваивать каждую

новую технологию с минимальными финансовыми и психологическими затратами. Можно сформулировать и идеальный вариант: исполнитель сам будет стремиться осваивать каждую новую технологию таким образом, чтобы это освоение приносило финансовую прибыль и психологическое удовлетворение.

Анализ конфликта показывает, что в основе причины лежит отсутствие потребности в интеллектуальной активности.

«...Для большинства людей наказанием является необходимость мыслить, — писал Генри Форд еще в начале двадцатых годов. — Идеальной представляется им работа, не предъявляющая никаких требований к творческому инстинкту. ...Установление определенного круга занятий и однообразная организация большей части работы являются даже жизненной необходимостью — ибо иначе они не могли бы заработать достаточно на свое существование.» ... «...Мы постоянно должны искать людей, которые любили бы дело ради его трудности.» (Генри Форд. 1993. с.93.)

До настоящего времени педагогика шла за потребностями общества, удовлетворяя их порой со значительным опозданием. И каждая новая потребность была для общества чаще всего неожиданностью: кто может сказать, какие специалисты нужны будут завтра? Разве что научная фантастика... Перед системой образования ставится принципиально новая задача: сформировать личность работника, эффективно реагирующего на постоянное изменение технологии как на своем рабочем месте, так и во всей технологической цепочке. Для подготовки «гибкого» специалиста «завтрашнего дня» необходима **опережающая педагогика** — система интеллектуального и психологического развития, формирующая в социализированной личности устойчивые компоненты творческого стиля мышления.

Ориентирование педагогики на формирование у учащихся качеств творческой личности меняет формы и принципы педагогической деятельности. Ключевой фигурой учебного процесса становится учитель с функцией не передавать знания, а помогать учиться и развиваться, быть не источником информации, а организатором мыследеятельности, при этом решающим фактором

перестройки учебного процесса выступает способность самого учителя творчески мыслить.

Подготовить творческого учителя и уже с его помощью повышать производительность учебного процесса — процент «выпуска» одаренных детей — предназначена инновационная технология «Опережающая педагогика», которую с конца 80-х гг. XX ст. разрабатывает и внедряет в учебный процесс Лаборатория «ТРИЗ-педагогика Украины». Технология рассчитана на работников системы образования, стремящихся повысить эффективность своей профессиональной деятельности, школьников и студентов средних и высших учебных заведений (Меерович, Шрагина, 1997). Основная цель технологии — обеспечить интеллектуальное развитие учащихся путем формирования системного мышления непосредственно в учебном процессе.

Возникает естественный вопрос об *инструментарии* такой педагогики.

Авторами настоящей работы разработана методология, в основе которой — применяемые инженерами для решения технических задач и проблем алгоритмические методы генерирования идей, то есть методы чисто практические и из той области производства, которая наиболее строга к выполнению технологии.

Так сформировалась задача: тренировать осознанные элементы процесса мышления (часть операций пока не изучена и рассматривается как «бессознательные процессы») подобно навыкам чтения, письма, катания на велосипеде... К таким навыкам, по мнению Пауля Торренса, относятся чувствительность к противоречиям, к дефициту или пробелам в знаниях, к дисгармонии между элементами окружающей среды, способность к смешению разноплановой информации, и ряд других (Torrance, 1987).

Достижимо ли это? И если «да», то какие конкретно из навыков и какими методами можно сформировать?

Освоение любой специальности происходит в результате длительной отработки комплекса упражнений, позволяющих выработать автоматизм при выполнении необходимых операций. Очевидно, что упражнения для выработки навыков системного

мышления должны представлять собой проблемные ситуации, решение которых производится по алгоритму, то есть с соблюдением определенной последовательности выполнения мыслительных операций.

Сформулируем требования к такому алгоритму:

- осознанность мыслительных операций и управляемость ими;
- получение результата на уровне идеального (для данной проблемной ситуации);
- лаконичность: четкость и экономичность структуры алгоритма;
- повторяемость результата при соблюдении алгоритма;
- универсальность (применимость для анализа любых проблем).

Этим требованиям отвечает созданный авторами алгоритм решения проблемных ситуаций — АРПС.

Разработанная методология включает в себя две цельных системы упражнений для тренировки навыков, которые проявляются в особенностях мышления творческой личности:

1. По развитию системного мышления. Основная часть упражнений выполняется как решение проблемы по четкой программе (алгоритму) на всех этапах решения.

2. По развитию творческого воображения. Большинство этих упражнений также выполняется по специальным алгоритмам, разработанным в соответствии с требованиями системного подхода.

Более чем двадцатилетняя практика обучения работников системы образования различных уровней, студентов и школьников показала высокую эффективность предлагаемой методологии. Результаты обучения проявляются в освоении принципов системного мышления как осознании и управлении собственной стратегией мыслительной деятельности.

Будущее любого государства начинается с его системы образования, с формирования нравственного и интеллектуального потенциала общества. Чем скорее в эту систему будут внедрены методы, аналогичные опережающей педагогике, тем сильнее и богаче будет такое государство.

ЧАСТЬ 1.

Функционально- системный подход и его инструменты

Глава 1.

Системное мышление и методы его формирования

Усложнение производственных процессов во всех сферах деятельности человечества на индустриальном и, особенно, постиндустриальном этапах развития экономики потребовали умения оценивать как сам процесс, так и его результат и предвидеть последствия. Такое умение анализировать ситуации, обнаруживая скрытые зависимости, устанавливая причинно-следственные связи и выявлять противоречия, создающие проблемы, определяется как «системное мышление» и может быть сформировано в учебном процессе в ходе специально организованной интеллектуальной деятельности.

Отвечая на потребность в подготовке кадров, обладающих системным мышлением, в педагогике, особенно в последние годы, стали активно разрабатываться технологии, направленные на его формирование. А поскольку педагогика определяет, строит и обеспечивает методически и организационно среду, в которой складываются и развиваются по преимуществу те или иные формы мышления, то для развития мышления учащихся важно то, на ка-

кую логическую систему ориентирована педагогическая теория и практика. В результате каждый отдельный человек в процессе воспитания и обучения присваивает себе и превращает в формы собственной деятельности те средства и способы мышления, которые созданы обществом в соответствующую историческую эпоху. Чем полнее и глубже он присвоил всеобщие категории мышления, тем продуктивнее и логичнее его мыслительная деятельность (Давыдов, 1972).

Понятие «системное мышление» получает широкое распространение в практической деятельности человека в конце XX столетия. Накопление в ходе развития человеческой цивилизации большого объема знаний и возникшая потребность в их специализации привели к созданию фрагментарной картины мира, что, в конце концов, стало сдерживать темп инновационных процессов и, как следствие, развитие современной экономики. Кроме того, за последнее столетие человечество вплотную столкнулось с вызовами планетарного масштаба, порожденными проявлением системных связей между биосферой и действиями социума. Возникла потребность в создании практического инструмента, повышающего эффективность управления сложными техническими, организационными, природными, социальными и другими системами.

Одним из таких инструментов стал системный подход, а *способность реального применения системного подхода в различных сферах практической деятельности получила свое отражение в понятии «системное мышление»*. Характерно, что в словарях психологических терминов это понятие не рассматривается, так как возникло оно не в когнитивной психологии, а в практической деятельности, связанной с управлением сложными системами. «Системное мышление, в отличие от линейного, ориентировано на видение целого вместо набора разрозненных частей. Системное мышление ориентировано на выявление не вещей, а связей между ними, не мгновенных состояний, а закономерностей изменений. Системное мышление необходимо, чтобы различать структуры, образуя-

щие основу сложных ситуаций» (Толковый словарь маркетинговых терминов, 2010).

В популярной психологии системное мышление определяется как способ мышления, при котором в центре внимания находятся взаимоотношения между частями, взаимодействие которых образует целенаправленное целое (О'Коннор, 2012).

Для понимания системного мышления как психологического феномена, в рамках данного пособия остановимся только на основных функциях мышления как психического процесса.

В чем заключается феномен мышления? Специфику мышления как психического процесса Уильям Джемс выделяет так: «Условимся считать характеристической особенностью мышления — способность **ориентироваться в новых для нас данных опыта**. Мышление заключает в себе анализ — оно замещает целое его частями и связанными с ним свойствами и следствиями. Мышление характеризуется пронизательностью — умением выделять существенный атрибут предмета, и запасом знаний, которые позволяют рассмотреть предмет с разных точек зрения. ... Справедливо говорят, что познать исчерпывающим образом одну какую-нибудь вещь — значило бы познать всю вселенную» (Джеймс, 1981. С.13-14).

Признанное классическим определение мышления дал в 1946 г. С.Л. Рубинштейн: «Всякое мышление совершается в обобщениях. Оно всегда идёт от единичного к общему и от общего к единичному. **Мышление — это движение мысли**, раскрывающее связь, которая ведёт от отдельного к общему и от общего к отдельному. Мышление — это опосредованное — основанное на раскрытии связей, отношений, опосредований — и обобщённое познание объективной реальности» (Рубинштейн, 1946, с. 277).

Отметим, что мышление как особая теоретическая форма внутренней деятельности человека по решению проблем системно по своей природе. Поступающая в мозг информация об определенных элементах отражаемой реальности, выраженная в понятиях, в единстве создает мысленную конструкцию (систему) — образ, который, в зависимости от полноты поступающей информации, со-

ответствует максимально возможно полной картине этой реальности (Аверьянов, 1985).

Анализ функций мышления как психического процесса позволяет сделать вывод, что его основные функции в практической деятельности проявляются как умения:

- рассматривать объекты и явления окружающего мира в их развитии и взаимосвязи;
- анализировать ситуации, то есть уметь устанавливать причинно-следственные связи;
- обнаруживать скрытые зависимости и связи;
- выявлять противоречия, порождающие проблемы, и находить их наиболее эффективные решения;
- интегрировать информацию и делать выводы, позволяющие прогнозировать последствия.

Все эти умения являются результатом способности мышления устанавливать взаимосвязи между элементами, составляющими систему, и системы — с внешней средой.

Принимая во внимание, что такие умения, тем более в комплексе, не являются природными, а имеют «культурное происхождение» и формируются только в результате специального обучения, определим **системное мышление как мышление, уровень развития которого при познании мира человеком позволяет устанавливать связи между предметами и явлениями объективной действительности; выявлять противоречия, эффективно решать проблемы; выявлять закономерности явлений и процессов и прогнозировать их развитие. В предлагаемом нами определении «системное мышление» отличительным параметром выступает «уровень» его развития: именно уровень развития мышления, позволяющий эффективно выполнять вышеуказанные интеллектуальные умения, дает основание определить его как системное (Шрагина, 2010).**

На основе системного подхода и ТРИЗ авторы разработали комплекс методов для формирования системного мышления.

Системное мышление и методы его формирования

Показатели проявления системного мышления	Методы формирования системного мышления
<p>Системная организация и представление информации, умение обосновывать и рассуждать; использование альтернативных путей поиска информации</p> <p>Системный анализ:</p> <ul style="list-style-type: none"> — рассматривать объекты и явления окружающего мира в их развитии и взаимосвязи; — анализировать ситуации, то есть уметь устанавливать причинно-следственные связи; — обнаруживать скрытые зависимости и связи; — выявлять противоречия, порождающие проблемы, и находить их наиболее эффективные решения; — интегрировать информацию и делать выводы, позволяющие прогнозировать последствия. <p>Способность к перегруппировке идей и связей</p> <p>Умение оценивать как сам процесс, так и результат</p> <p>Ощущение красоты процесса и результата</p>	<p>Системный подход</p> <p>Генетический анализ</p> <p>Визуальная схема понятия «система»</p> <p>Алгоритм решения проблемных ситуаций</p> <p>Система логических упражнений на основе системного подхода</p> <p>Конструирование оксюморона и метафоры</p> <p>Морфологический анализ систем</p> <p>Решение изобретательских задач с использованием алгоритма решения проблемных ситуаций</p> <p>Создание образов идеальных систем на основе понятия «ИКР» (идеальный конечный результат)</p> <p>Создание образов на основе системного подхода</p>

Глава 2.

Системный подход как методология

Для применения системного подхода как научной методологии разработана классификация систем на основе признака «происхождение». В определении понятия «искусственная система» в качестве существенного признака использован признак «функция», что позволило однозначно определить все производные понятия, характеризующие систему. Показано, что выявленные Г. С. Альтшуллером законы развития технических систем (ЗРТС) соответствуют основным законам диалектики Г. Гегеля и поэтому могут быть использованы в качестве универсального методологического инструмента. Показано также, что действия ЗРТС распространяются на все искусственные системы, что позволило авторам данного пособия разработать основы теории развития искусственных систем (ТРИС).

В последнее время не осталось практически ни одного научно-направленного, в том числе гуманитарного, которое не применяло бы системный подход в формулировке новых задач исследования и понимания уже накопленных материалов.

В науке под системным подходом понимается методологическое направление, одна из основных задач которого заключается в разработке и применении методов исследования сложноорганизованных и развивающихся объектов — систем (Альтшуллер, Шапиро, 1956; Альтшуллер, 1969, 1979; Богданов, 1989).

Главная проблема системного анализа вытекает из высказывания Людвиг фон Берталанфи «Системы повсюду!» (Берталанфи Л. фон., 1969). Эта проблема связана с определением самого понятия «система», выделением ее из окружающего, чтобы использовать как методологический инструмент, и производными от этого понятия — системообразующий фактор, системообразующая функция, системное свойство, системный эффект и ряд других, которые используются без определения. Пожалуй, единственное классическое представление о системе, которое единодушно признают все исследователи, — это ее *системное свойство, эмерджентность*: оно всегда больше простой суммы свойств структурных компонентов, объединенных в систему.

Классификация объектов и явлений может производиться по разным основаниям. Проведение классификации систем по основанию «происхождение» позволяет нам выделить системы *природные* — возникшие в процессе эволюции природы без участия человека, и *искусственные* — созданные в результате деятельности человека для удовлетворения его потребностей через выполнение основной функции. Промежуточную группу составляют *природно-искусственные объекты*, возникшие как природные, но отдельные свойства которых усовершенствованы целенаправленной деятельностью человека (культурные растения, домашние животные и птицы и т.д.).

Наличие связей как между элементами объектов, так и между самими объектами и внешней средой позволяет рассматривать их как системы. Определим эти понятия:

Природная система — комплекс взаимодействующих природных элементов, обеспечивающий его наиболее эффективное функционирование в окружающей среде с минимальными затратами энергии.

Искусственная система — объединение элементов, предназначенное для выполнения основной функции и создающее своим объединением новое системное свойство.

Вернемся к точке зрения Берталанфи, которой придерживаются многие ученые. «Любой объект при решении определенных задач и с помощью определенных познавательных средств может быть представлен как системный», — считает И.С. Алексеев (Алексеев, 1972). А.И. Уемов рассматривает систему как комплекс «вещь — свойства — отношения»: «Любой объект является системой по определению, если в этом объекте реализуется какое-то отношение, обладающее определенным свойством», но практически тут же заявляет, что «понятие системы относительно. Вещь, являющаяся системой по одному концепту, может не оказаться такой по другому» (Уемов, 2001). Отсюда очевидно, что предложенная концепция не позволяет выделить тот характерный признак, который отличает систему от несистемы.

Однако такой фактор существует. Еще А.А. Богданов писал: «Первые попытки определить, что такое Организация, приводят к идее *целесообразности*» (Богданов, 1989). «Основным критерием для такого выделения является рассмотрение системы со стороны *целевого назначения*», — считает А.А. Гостев (Гостев, 1984). Еще более конкретен П.К. Анохин: «Всю деятельность системы можно представить *в терминах результата*... Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношение приобретает характер взаимосодействия компонентов *на получение фокусированного полезного результата*» (Анохин, 1980).

Свое отношение к системам в определении понятия «идеальная система» предельно четко высказал Г.С. Альтшуллер: «Идеальна та система, которой нет, а *функция* которой выполняется!». Иными словами, человечеству нужны не вещи, не объекты — нужны их функции: «Машина не самоцель, она только средство для выполнения определенной работы» (Альтшуллер, 1969). Такое «средство» возникает как *системное свойство* — результат объединения специально выбранных элементов, и тем самым создает *систем-*

ный эффект: способность искусственной системы выполнять «определенную работу» — свою основную функцию.

Определим производные понятия:

Элемент (компонент) — структурная единица, которую можно выделить на основании различных характерных признаков.

Свойство элемента (компонента, системы) — его (ее) количественная и/или качественная характеристика, которая проявляется при взаимодействии с другими элементами (компонентами, системами).

Системообразующий фактор — субъективная потребность (замысел), которую нужно удовлетворить с помощью создания новой системы.

Системное свойство — свойство системы, возникающее при взаимодействии свойств элементов, составляющих систему и обеспечивающих ей возможность выполнять основную функцию.

Системный эффект — результат действия системного свойства созданной системы, удовлетворяющего субъективную потребность — системообразующий фактор (замысел).

Системообразующая функция — действия, которые создают из отдельных элементов систему, обладающую необходимым системным свойством и обеспечивающую достижение системного эффекта (результата) (Меерович, Шрагина, 2016).

И по аналогии с определением понятия «идеальная система» под понятием «идеальное вещество» будем понимать *результат взаимодействия элементов системы, создающих в нужное время и в нужном месте необходимое системное свойство* (Меерович, 1992).

Значения понятий поясним упрощенно на конкретном примере. Предположим, возникает потребность создать нечто новое, до сих пор не существующее: например, объект, который будет перемещать грузы по воздуху. Эта потребность выступает как *системообразующий фактор*. Для реализации этой потребности необходимо, чтобы объект мог:

- подниматься в воздух с поверхности земли — обладал подъемной силой;

- перемещаться в воздухе — имел двигатель для горизонтального перемещения;
- перемещаться в нужном направлении — имел орган управления.

Выбираем *элементы*, которые могут обеспечить нам эти возможности. Так, подъемной силой обладают теплый воздух, легкие газы (водород, гелий), крыло. Перемещаться горизонтально по воздуху можно под действием ветра или двигателя (винтового или реактивного). Управлять полетом можно с помощью рулей или дополнительных двигателей.

Каждый из названных элементов обладает *свойством*, которое проявляется только во взаимодействии с другим объектом. Так, например, теплый воздух обладает подъемной силой до тех пор, пока температура окружающего воздуха ниже его собственной температуры. Винтовой двигатель или рули могут работать только в воздушной среде определенной плотности и т.д.

Объединяя разные элементы в группы, получим различные *системы* с конкретными *системными свойствами*: теплый воздух или легкий газ, помещенные в оболочку, позволят нам создать воздушный шар или дирижабль; крыло и винт — винтовой самолет; крыло и реактивный двигатель — реактивный самолет и т. д. Проявление каждого конкретного системного свойства позволит получить определенный *системный эффект*, реализующий потребность, — *системообразующий фактор*.

Действия, которые создают из отдельных элементов систему, обладающую необходимым системным свойством, которое преобразует системообразующий фактор (потребность, замысел) в *системный эффект* (результат), выполняет *системообразующая функция*.

Исследование технических систем (ТС) как *продукта изобретательской деятельности* с целью выяснить, какие изменения в них происходят, есть ли общие тенденции в характере этих изменений, показало, что их общее развитие происходит по объективным законам (Альтшуллер, Шапиро, 1956). *Эволюция техники*, таким образом, *подтвердила общие положения объективной логики Гегеля*:

предметный мир определяет характер действий с ним. Выявленные (эта работа продолжается и в настоящее время) и сформулированные законы развития технических систем позволили разработать основы ТРИЗ — теории решения изобретательских задач.

Развитие любой ТС, в соответствии с выявленными законами их развития, происходит: а) в направлении повышения уровня идеальности ТС, иными словами, каждая следующая модификация объекта выполняет свою основную функцию все лучше и лучше (с точки зрения ее создателей и потребителей); б) неравномерно; в) через разрешение противоречий. Сформулированы также законы синтеза систем и их развития¹ (Альтшуллер, 1969, 1979).

Общая схема развития ТС выглядит так: возникающая у человека *потребность* приводит к необходимости создать объект, удовлетворяющий эту потребность и выполняющий таким образом свою *основную функцию*. Чтобы создать этот объект, нужно задать ему *принцип действия* — использовать эмпирические или теоретические знания законов природы, которые обеспечат выполнение основной функции. Возникает *конструкция* объекта — искусственная ТС, удовлетворяющая человека *на данном этапе его развития*. Но у человека возникают *новые потребности*, и к существующей ТС он начинает предъявлять *новые требования*, которые она уже удовлетворить не может. Возникает *противоречие между потребностями человека и возможностями существующей ТС*, которое в общем случае может быть разрешено только за счет применения нового принципа действия. Для этого нужны новые знания, которые воплощаются в новую конструкцию. Но возникают *новые потребности*, и цепочка повторяется...

Но, кроме ТС, существуют и другие объекты — научные знания, которые опосредованы в этих системах, произведения искусства, социальные и организационные структуры и т.д. Так как эти объекты сами по себе в природе не существуют, а являются продуктом целенаправленной деятельности человека, они *обладают определенной основной функцией и поэтому также могут рассматриваться как искусственные системы*. Возникает вопрос: приме-

¹ — Детально эта тема будет рассмотрена в Главе 11.

нимы ли законы развития технических систем к развитию всех искусственных систем? Иными словами, распространяются ли законы развития элемента (а ТС можно рассматривать как элемент искусственных систем) на все искусственные системы?

Эта идея возникла у Г.С. Альтшуллера к концу 1960-х гг.: «И если в изобретательстве нам удалось создать Систему Хорошего Мышления, то почему нельзя этого сделать в других областях?.. Человек сможет Хорошо Мыслить, если будет создана Общая Теория Хорошего Мышления. В этом — конечная цель нашей работы» (Альтшуллер, Фильковский, 1975). И тогда задача ТРИЗ — «создать новую, точную науку развития технических, а затем научных, а затем художественных систем. <...> Возможность организации творчества (*технического* — Прим. М.М., Л.Ш.) дает надежду на то, что так же можно организовать творчество в других видах человеческой деятельности, что неизмеримо более заманчиво, чем просто возможность решать технические задачи» (Первый семинар для разработчиков ТРИЗ, 1997). И новая цель: «С 1982 г. <...> главной целью становится обучение теории развития технических систем (ТРТС), перспективной целью — подготовка к переходу от ТРТС к общей теории сильного мышления (ОТСМ), т.е. к теории решения творческих задач во всех областях деятельности. <...> *Наша высшая задача — перестроить мышление*» (Альтшуллер, 1986).

Но наличие общих методов решения означает, что для объектов, используемых «во всех областях», существуют общие закономерности развития.

Поисками общих законов развития природы, общества, человека и мышления занимались еще античные философы. Но первую существенную попытку раскрыть внутреннюю связь в процессах развития природного, исторического и духовного мира сделал Г.В. Гегель, сформулировав законы диалектики (Гегель, 1974). Через сто лет наличие «всеобщей организационной науки» — законов развития, единых для всех объектов, — показал А.А. Богданов, подготовив тем самым базу для создания общей теории систем (Богданов, 1989).

Сопоставим законы Гегеля и законы Альтшуллера — совместимы ли они? При этом под термином «закон» будем понимать внутреннюю существенную и устойчивую связь явлений, обуславливающую их упорядоченное изменение. Законы существуют объективно, независимо от сознания людей, как выражение необходимых, существенных, внутренних отношений между свойствами вещей или различными тенденциями развития (Философский словарь, 1991).

Методологическое *требование Гегеля об «объективности рассмотрения»* Альтшуллер реализует, рассматривая в качестве источника развития ТС не субъективные психические процессы, происходящие в мышлении каждого отдельного изобретателя, а *этапы изменения реальных технических объектов* — продукт изобретательской деятельности — на протяжении длительного промежутка времени.

С точки зрения *принципа развития* Гегеля вся духовная культура человечества (а ТС — это тоже продукт культуры!) предстает как единый закономерный процесс *«прогрессирующего развития истины»* (курсив — М.М., Л.Ш.). С этим принципом прямо совпадает закон Альтшуллера *о развитии системы в направлении повышения уровня ее идеальности*.

Закону Гегеля *о переходе количества в качество* соответствует закон Альтшуллера о развитии рабочего органа ТС и изменении — при открытии новых знаний — *принципа действия системы*.

Закон Гегеля *о единстве и борьбе противоположностей* проявляется в предъявлении к ТС новых требований и *возникновении противоречий*, только после разрешения которых происходит ее развитие — создается новая функционирующая система.

И закону *отрицания отрицания* соответствует смена систем, каждая из которых *идеальна только в момент возникновения* и на данном этапе развития науки (Альтшуллер, 1979; Гегель, 1974).

Таким образом, законы развития технических систем (ЗРТС), выявленные Альтшуллером, соответствуют общим законам диалектики Гегеля. И именно за соответствие этим законам ТРИЗ часто называют «прикладной диалектикой».

Детализация ЗРТС позволяет вскрыть ряд закономерностей развития систем, что обеспечивает нас инструментом для их анализа и прогноза развития, а *использование понятия «идеальная система» позволяет ввести критерии количественной оценки.*

Вернемся к вопросу: происходит ли развитие искусственных систем по ЗРТС? Литературные источники и наши собственные исследования дают положительный ответ на этот вопрос. Так, рассматривая эволюцию общества и выделяя в ней первобытный, сельскохозяйственный, индустриальный и информационный этапы (по направленности экономики на производство основных видов продукции), В.Е. Хмелько считает, что *«структурная эволюция общественных продуктивных сил происходит в одном направлении».* И прогнозирует пятый этап — человекотворческий: *«производство и воспроизведение человека как творческой личности»* (Тертычный, 2003).

Современный подход к пониманию *сущности и механизмов власти* показывает, что она реально работает и осуществляется не через прямое насилие, а прежде всего через манипуляцию средой, в которой принимаются решения, семантическим и информационным полем социума, манипуляцией специфическими формами знания. (Пистрый, 1998). Иными словами, через контроль над сознанием: в терминологии ТРИЗ — переход на микроуровень

Философская антропология также проходит различные этапы развития в рассмотрении человека: как микрокосмос — в античности; как единство духовности, души и тела в связи с Богом посредством любви, веры и надежды — в средние века; как существо разумное, волевое и страстное, что проявляется в общественных отношениях — в новое время; как существо, в котором подсознательное господствует над сознательным, осваивающее мир и стремящееся к его пониманию посредством языка, бунтующее против однообразия и нивелирования себя как личности — в последний век (Канке, 2000).

Человеческое сообщество и культура возникли как потребность выжить и обеспечить себе наиболее благоприятные условия существования. *Социальная среда*, таким образом, *тоже искусственная*

система и также стремится к идеальности — к воспитанию в человеке толерантности, к умению жить среди себе подобных.

Были проведены исследования и ряда других искусственных систем, в частности таких, как *методология технического творчества, функция и содержание системы образования, юридические нормы, субъекты хозяйственной деятельности, формы музыкальных произведений и др.* Результаты показали, что их развитие происходит в соответствии с теми же закономерностями, что и развитие ТС, т.е. в направлении повышения уровня их идеальности. Этот вывод позволяет применить ЗРТС к более широкому классу категорий, спрогнозировать — на основе этих законов — их развитие и заменить традиционно существующий исторический подход к изменению искусственных систем (констатацию фактов: было — стало) на функциональный: каждое изменение такой системы — это результат возрастающих потребностей человека.

ТРИЗ, таким образом, становится основой практической методологии анализа проблем, возникающих при функционировании искусственных систем, и базой для создания ТРИС — теории развития искусственных систем². *Объект исследования ТРИС* — процесс развития искусственных систем, *предмет исследования* — причины и объективные закономерности этого развития, *цель* — выявление этих закономерностей и создание методологии для поиска наиболее эффективных решений проблемных ситуаций, а *методы* — анализ процесса изменения искусственной системы как **продукта** творческой деятельности (Меерович, Шрагина, 2016).

² — Примеры применения ТРИС для анализа нетехнических систем приведены в Части 3.

Глава 3.

Развитие системы образования в контексте функционально-системного подхода

Основная функция системы образования как искусственной системы — подготовка кадров для всех сфер деятельности экономики. Но если раньше система образования шла за потребностями экономики и успевала их удовлетворять, то переход на информационный (постиндустриальный) этап ее развития коренным образом меняет требования к функции системы образования и, соответственно, к содержанию, методам обучения и подготовке педагогических кадров: «продуктом» системы образования должны быть не узкие специалисты, а творческие личности, обладающие системным мышлением.

Качество жизни, или Индекс человеческого развития страны, программа развития ООН оценивала по трем основным показате-

лям: средний возраст, средний доход на душу населения и уровень грамотности. Недавно к ним добавился еще один: валовой охват населения обучением. Выбор такого показателя — существенная характеристика эпохи, в которой мы живем.

Но еще в 20-е гг. XX в. известный английский философ А. Уайтхед отмечал, что развитие новых принципов обучения значительно отстает от развития общества, и это грозит серьезными последствиями. В 1960-е гг. его опасение поддержали исследователи проблем будущего: из 10 узловых проблем, с которыми, по их мнению, столкнется человечество в 2000 г., проблемой № 1 станет «образование и воспитание (новые методы образования, новые методы преподавания)» (Байнхауэр, Шмакке, 1973).

Сегодня на исходе второе десятилетие XXI в., и прогнозы подтверждаются: состояние, в котором находится мировая система образования, можно охарактеризовать одним словом — «кризис». Почему же именно сейчас так велико значение образования и каковы причины кризиса системы образования?

Для анализа существующих проблем и поиска эффективных ответов на них используем законы развития искусственных систем. Почему искусственных? Да потому, что система образования создавалась человечеством осознанно для выполнения вполне определенной основной функции — подготовки последующих поколений с целью их наиболее эффективного участия во всех сферах деятельности общества путем передачи социокультурного опыта, накопленного предыдущими поколениями. Таким образом, по основанию «происхождение» систему образования можно рассматривать как *искусственную* — созданную трудом человека для удовлетворения его потребностей (Меерович, Шрагина, 2016).

Изменялась ли основная функция системы образования на протяжении истории развития человечества? Рассмотрим этапы этого развития.

Основным заказчиком и потребителем «продукта», который выпускает система образования, всегда была и остается экономика. Определим понятие «экономика» как сферы деятельности человека по производству материальных, культурных и духовных

ценностей. Историю развития человечества по направленности экономики на выпуск основных видов продукции и, соответственно, по количеству трудоспособного населения, занятого в этой сфере, принято делить на следующие этапы: первобытный, сельскохозяйственный (аграрный), промышленный (индустриальный) и постиндустриальный — информационный. Принимая во внимание, что эволюция общества подчиняется законам развития искусственных систем, В. Е. Хмелюк прогнозирует пятый этап — человекотворческий: «производство и воспроизведение человека как творческой личности» (Тертычный, 2003). И на каждом этапе своего развития экономика требует различных ответов на вопросы, которые определяют основную функцию системы образования, ее содержание, методы, контингент учащихся и требования к преподавателям: «Зачем учить? Чему учить? Как? Кого? Кто учит?» (Схема 1).

Структура системы образования и ее взаимосвязь с некоторыми элементами системы «Государство»

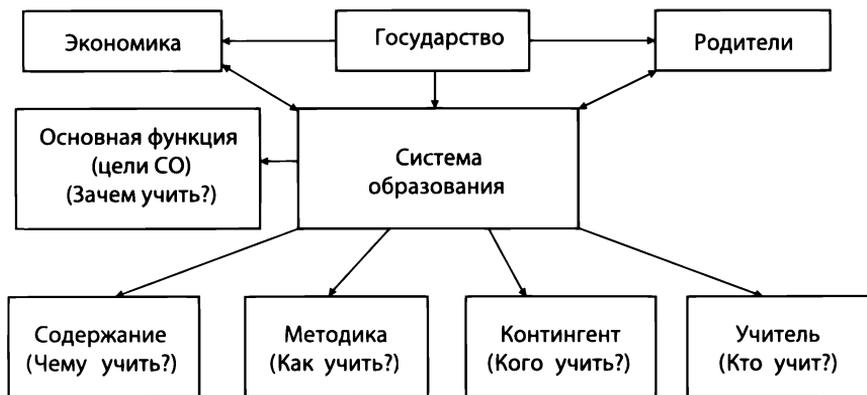


Схема 1

На первом и втором этапах (примерно до XVIII в.) человечество было занято прежде всего созданием продуктов питания и сопутствующими ремеслами, изготовлением оружия и снабжением ар-

мии. Основным источником богатства государства в тот период были плодородные земли, природные ресурсы (в основном те, которые находились на поверхности земли) и количество трудоспособного населения.

В XVIII–XIX вв. быстрый рост промышленности сосредотачивает основное количество трудоспособного населения в производстве машин и механизмов. Возникает потребность в большом количестве узких профессионалов, способных квалифицированно обслуживать новые технологии, создавать качественную продукцию и обеспечивать высокую производительность труда как главный источник прибыли. Источник богатства государства на промышленном этапе определяется уже не его территорией, не количеством населения и даже не наличием природных ресурсов (за исключением нефти, газа, редких металлов и некоторых других), а высокотехнологичным оборудованием и высококвалифицированными специалистами.

Но темп научных исследований растет, и самые совершенные технологии устаревают за 5–7 лет. К концу XX в. самым ценным товаром становятся новые идеи и технологии, и наиболее развитые страны объявляют о намерении стать мировыми научно-техническими лабораториями. А таким лабораториям нужны соответствующие кадры...

Из анализа изменения приоритетов экономики видно, что по мере развития общества меняются требования к производительным силам. Соответственно меняется основная функция системы образования и содержание всех ее элементов (Схема 2).

Изменение основной функции системы образования на различных этапах развития экономики



Схема 2

Социокультурный опыт основной массы населения на первобытном и аграрном этапах был связан прежде всего с поисками и добычей пищи, а впоследствии — с обработкой земли, выращиванием скота и мелкими кустарными ремеслами. Содержание образования — трудовые навыки крестьянина, скотовода или ремесленника — передавались (методика) как личный опыт от поколения к поколению в процессе совместной семейной или цеховой деятельности. Результатом такой передачи опыта было (основная функция) формирование навыков профессиональных исполнителей. Изменения в технологиях происходили очень медленно, новые способы обработки и ремесла возникали редко, человек рождался и умирал среди одних и тех же объектов, и приобретенного опыта ему вполне хватало на всю жизнь.

Развитие науки, а на ее основе — промышленного производства и появление тысяч новых специальностей потребовало вне-

сти в содержание образования определенный объем теоретических знаний. Чтобы получить новые профессиональные знания и навыки, необходимые для управления оборудованием, создаются специальные учебные заведения. Результатом обучения в них (основной функцией) становится формирование узких специалистов, способных обеспечить максимальную производительность труда на своем рабочем месте.

Система образования хорошо выполняла свои функции на всех этапах эволюции общества, так как шла **за потребностями экономики** и успевала перестраивать методики и содержание учебных программ. Переход на информационный этап развития и необходимость создания принципиально нового продукта — наукоемких идей и технологий — коренным образом изменили требования к качествам работника: на первое место вышел «человеческий фактор» — коммуникативность как способность работать в команде, творчество как способность генерировать новые идеи и обучаемость как способность быстро осваивать и практически применять новую информацию (Меерович, 2004). *В категории «богатство и конкурентоспособность страны» экономика производства уступает свое место экономике Знаний и Человеку, обладателю этих знаний* (Полунеев, 2005).

Кризис существующей системы образования практически всех развитых стран носит универсальный характер и определен прежде всего ее целью — ориентацией на уходящий промышленный этап развития общества. *Таким образом, концепции профильного образования морально устарели* (Меерович, 2004).

Попытки решить проблему экстенсивными методами — увеличением сроков обучения и специализацией учебных заведений — давно исчерпаны.

Причиной кризиса стал комплекс таких основных противоречий:

1. Быстрый рост общего объема научной информации ведет к увеличению сроков обучения, а специализация учебных заведений — к утрате целостности и системности научно-объективной картины мира.

2. Необходимость ежедневно усваивать большое количество новой информации не оставляет учащимся времени на ее обдумывание и «переваривание», и знания перестают быть важнейшим условием и стимулом развития мышления.

3. В систему подготовки педагогов заложены методы репродуктивной передачи информации, а в систему контроля качества обучения — методы проверки объема знаний на базе механической памяти.

4. Репродуктивные формы обучения не способны обеспечить массовую подготовку специалистов творческих профессий, диапазон которых быстро растет.

5. Современные формы деятельности в составе команды требуют наличия развитых коммуникативных качеств личности, а практически все формы современного воспитания ориентированы на формирование индивидуалиста.

Не обеспечивает система образования и возможности активного участия субъекта в общественных отношениях и в собственном жизнетворчестве, способности к самореализации в быстро изменяющемся мире.

И экономике, и социуму для подготовки специалиста «завтрашнего дня» необходима **опережающая педагогика**. Личность с таким стилем мышления будет не только эффективно реагировать на постоянные изменения технологий, но и рассматривать их как возможность получить жизненно необходимое моральное удовлетворение от решения новых интеллектуальных проблем.

В поисках ресурсов рассмотрим компоненты системы образования и сформулируем комплекс требований к этой технологии (см. схему 1).

Примем в качестве основной функции системы образования («Зачем учить?») формирование способности личности к самореализации. Тогда *главной целью образования и воспитания* на информационном (а в дальнейшем — и на человекотворческом!) этапе развития общества *становится* формирование интеллектуальной и духовной культуры человека, обучение искусству пользоваться знаниями, *выработка стиля мышления*, позволяющего анализиро-

вать проблемы в любой области жизни и лаконично находить их наиболее точное и экономичное решение.

В соответствии с законами развития искусственных систем *содержанием образования* («Чему учить?») *должны стать методы организации мышления и развития качеств творческой личности*, для чего необходим *переход* от неререфлексивного освоения знаний к *осознанному овладению и владению мыслительными приемами и операциями*. А для этого *нужно* прежде всего *изменить методiku* («Как учить?») — способ передачи знаний: вместо принятой сейчас репродуктивной передачи информации *учебный процесс* должен быть организован как *групповая исследовательская деятельность по «добыванию» новых для учащихся знаний*. Такая организация процесса ориентирует учащегося не на получение правильного ответа, а на понимание того, каким образом этот ответ получен. В результате на материале любого учебного предмета у него формируются обобщенные способы мыследеятельности, которые он может использовать для поиска решения проблем различного характера. Работа в группе обеспечит психологизацию этого процесса, что позволит сформировать коммуникативность, а необходимость проводить исследования и решать возникающие проблемы — эвристичность (формирование творческих качеств) и педагогизацию (умение учиться).

Ответ на вопрос «Кого учить?» определяется необходимостью вовлечения все большего числа людей в творческий процесс и однозначен как в экономическом, так и в социальном плане — элитарная система образования, которая раньше предназначалась для узкого круга лиц, должна стать общедоступной.

И еще одна точка зрения на систему образования — производственно-экономическая: сколько и каких знаний и умений способна каждая из педагогических технологий вложить в головы и руки учащегося за единицу времени (например, за час учебы)? И какое количество наиболее ценного «продукта» под названием «одаренные дети» способна подготовить?

Существующие педагогические технологии обеспечивают «на выходе» максимум 5% одаренных. Неужели все остальные дети

бездарны? Не верится... Но как повысить производительность системы образования?

Итак, мы определили, зачем учить, чему, как и кого. Остался последний элемент системы — учитель: «Кто учит?». Но элемент этот — ключевой: любая реформа образования, любая педагогическая технология в конечном счете реализуется в школьном классе или в вузовской аудитории. Психологи хорошо знают, что только личность способна воспитать новую личность и только талант может вырастить новый талант! Большинство реформ в системе образования в последние 30–40 лет (политехнизация, компьютеризация, гуманитаризация и пр.) не давали ожидаемого результата прежде всего потому, что только перетасовывали объем знаний, т.е. содержание образования, и слегка затрагивали методику, но никак не включали личность учителя. Но самый совершенный технологический процесс будет давать брак, если его выполняют неквалифицированные кадры. Процесс обучения — это тоже технология, но значительно более сложная, чем сборка автомобиля или компьютера, так как в качестве «изделия» выступает живая человеческая личность. И если с ней будет работать «репродуктор», он угробит самую творческую методику любого предмета. И наоборот, творческий учитель, получив для работы самую среднюю программу и стандартную методику, тут же начинает искать, как их улучшить. Ибо кто же есть творческий учитель, как не создатель новой технологии?!

Подготовить творческого учителя и уже с его помощью повысить производительность учебного процесса — процент «выпуска» одаренных детей — предназначена инновационная технология «Опережающая педагогика», формирующая системное мышление педагогов и учащихся непосредственно в учебном процессе.

Практические инструменты этой технологии: *генетический анализ, алгоритм решения проблемных ситуаций, комплекс методов развития воображения* и ряд других.

При проведении генетического анализа любой *искусственный объект* рассматривается как *система, выполняющая определенную функцию*. Функциональный подход дает возможность ввести учащегося в мир реальных потребностей, для удовлетворения кото-

рых были созданы конкретные объекты. В отличие от существующего в педагогике исторического подхода, который только констатирует изменение объекта во времени, *генетический анализ требует выявления причинно-следственных связей между потребностями человека и его действиями по преобразованию объекта.*

Необходимость выявления причин происходящих в природе явлений становится для преподавателя исходной точкой к изучению тех законов природы, которые лежат в основе принципа действия искусственных объектов: не астрономия, физика, химия, биология и другие науки сами по себе, а анализ причин возникновения этих наук, потребности в них.

Функционально-системный подход позволяет так же органично понять *необходимость изучения гуманитарных и теоретических наук — тоже как следствие появления потребности человека получить полную картину мира и осознать свое место в нем.*

Алгоритм решения проблемных ситуаций (АРПС) представляет собой четкую программу в виде универсальной последовательности операций (шагов) по анализу проблемы, преобразованию исходной ситуации в задачу, выявлению противоречия, способов его устранения и поиска решения, максимально приближенного к идеальному.

Упражнения на развитие воображения (РТВ) как главного компонента творческого мышления также выполняются по специально разработанным алгоритмам в соответствии с требованиями функционально-системного подхода, что создает, помимо развивающего, еще и обучающий эффект.

В результате у учащихся формируется *системное мышление — мышление, способное оперировать наиболее общими фундаментальными закономерностями, осваивать частные законы различных наук и уметь применять эти знания для решения жизненно необходимых проблем в различных сферах деятельности.*

Роль учителя при такой форме учебного процесса заключается в планомерной и целенаправленной организации проблемных ситуаций на материале учебных предметов, постановке задач учащимся и при необходимости — оказании им помощи.

Глава 4.

Устанавливаем причинно- следственные связи: проблема Робинзона

Анализ и установление причин, создавших проблему, методами функционально-системного подхода резко сужает зону поиска наиболее эффективного решения за счет отброса (без генерирования!) заведомо непригодных вариантов, что показано на примере поиска решения проблемы Робинзона «Как спустить лодку на воду» двумя методами: мозговым штурмом и ТРИЗ. В процессе поиска решения проблемы и перевода ее в задачу намечаются основные понятия и методологические и психологические инструменты, используемые в ТРИЗ: идеальная система, алгоритм решения проблемных ситуаций (АРПС), информационный фонд (ИФ), приемы развития творческого воображения (РТВ).

Чтобы покинуть свой необитаемый остров, Робинзон Крузо месяц рубил огромное дерево. Еще несколько месяцев ушло на то, чтобы выдолбить из этого дерева лодку. Все это время Робинзон

отгонял от себя мысль: как же спустить эту лодку на воду? Когда же лодка была готова — а получилась она такая большая и надежная, что на ней смело можно было пускаться в плавание через океан, — отгонять эту мысль было уже некуда.

Попытки сдвинуть лодку с места оказались безуспешными. Робинзон попробовал сделать «наоборот» — подвести к лодке воду, но прикинул объем работ и отказался от этой попытки.

В июне 1986 г. Центральное телевидение СССР предложило в качестве разминки эту, по мнению Британской академии наук, «нерешаемую» задачу командам-участницам первой передачи из цикла «Требуется идея»³. Передача проводилась в форме технического КВН; авторы передачи считали, «что эта игра — отличная тренировка изобретателей, а во многих случаях и реальный метод решения практических задач».

Для участия в игре были приглашены шесть команд институтов, предприятий и журнала «Изобретатель и рационализатор». Состав команд — по одиннадцать человек в каждой — был достаточно сильным: доктора и кандидаты наук, ведущие специалисты различных отраслей. Перед передачей участники прошли две тренировки на усвоение приемов решения задач методом мозгового штурма.

Мозговой штурм, как известно, состоит из двух этапов: генерирования идей и их экспертизы. На первом этапе группа за короткое время должна «выдать» как можно больше идей и стремиться к тому, чтобы они были необычны, оригинальны, даже на первый взгляд безумны. Вот варианты идей «Как стащить тяжелую лодку в воду?», выдвинутые командами-участницами в ходе передачи, а также предложенные после передачи телезрителями и слушателями наших семинаров:

³ — Подробно история подготовки передачи, проведение первого тура и его итоги описаны в книге: В.И. Речицкий. Профессия — изобретатель. — М.: Просвещение, 1988. — С. 139–145.

Об этой передаче упоминается также в учебном пособии: Техническое творчество учащихся / под ред. д-ра пед. наук Ю.С. Столярова. — М.: Просвещение, 1989. — С. 42.

1. Прорыть канал до лодки.
2. Использовать дождевую воду.
3. Сделать несколько ступенек-шлюзов и заполнять их дождевой водой.
4. Привязать лодку к дереву внатяжку мокрой веревкой. Когда она высохнет, длина веревки уменьшится и за счет сокращения длины подтянет лодку вперед. Потом опять привязать мокрой веревкой...
5. Привязать лодку к дереву сдвоенной веревкой. Потом вставить между веревками палку и закручивать их. Свиваясь в спираль, веревки становятся короче и подтянут лодку вперед. Потом опять ...
6. Сделать блоки и полиспасты, привязать их к дереву и тянуть лодку.
7. Привязать лодку к верхушке высокого дерева и срубить дерево так, чтобы, падая, оно тянуло лодку в сторону моря.
8. Привязать к лодке стадо коз.
9. Выстелить дорогу к морю шкурами коз, чтобы уменьшить трение.
10. Смазать шкуры козьим жиром, чтобы трение было еще меньше.
11. Жир можно сбить из козьего молока, а не убивать коз (группа преподавателей из г. Тирасполя).
12. Сделать «грязь» под лодкой, чтобы лодка могла «поскользнуться» (ученики 2 класса, г. Одесса).
13. Сбить вокруг носа и кормы лодки два диска в виде колес и катить лодку.
14. Поставить лодку на катки и катить.
15. Поднять лодку можно рычагом.
16. Поднимать блоком.
17. Привязать лодку к верхушке растущего дерева, оно само поднимет.
18. Сделать воздушный шар из козьих шкур или парусины, он поднимет лодку.
19. Сделать из парусины парус — при сильном ветре парус будет помогать тащить лодку.

20. Сделать водный парус — при отливе поток воды потянет его за собой, а вместе с ним и лодку.

21. Сделать большой плот и во время прилива через блок привязать его к лодке. При отливе плот опустится и потянет за собой лодку. При очередном приливе укоротить веревку...

22. Сделать ветряную мельницу с барабаном. Наматываясь на барабан, веревка будет тащить или поднимать лодку.

И ряд других идей. На втором этапе мозгового штурма группа экспертов проводит тщательную экспертизу выдвинутых идей. Этап этот очень трудоемкий, он требует скрупулезной оценки каждой идеи с точки зрения как техники, так и экономики. При этом попытка реализовать каждую идею создает целую группу дополнительных задач, которые в свою очередь требуют оценки и анализа. Возможно, что какая-то из 22 изложенных выше идей и дает возможность спустить лодку на воду, но какая именно — пока не видно.

До сих пор мы использовали понятия «задача» и «проблема» практически как синонимы. Разделим теперь эти понятия. Под понятием «задача» будем понимать наличие необходимого и достаточного объема информации, которую можно преобразовать с помощью существующего алгоритма в единственно правильный ответ. Алгоритм может быть не один — существует, например, несколько доказательств теоремы Пифагора, но все они приводят к одному результату. В качестве алгоритма могут выступать формулы — математические, физические, химические, методы обработки статистических данных (например, факторный анализ), в юриспруденции это могут быть законы, на основании которых принимается решение...

Определим теперь понятие «проблема», опираясь на три ключевых фактора, которые мы использовали при определении понятия «задача»: объем информации, алгоритм и результат. С такой точки зрения проблема — это неопределенный объем исходной информации (неизвестно — недостаточный или избыточный), которую можно преобразовывать с помощью различных алгоритмов и поэтому получать множество разных ответов. Если проследить и

проанализировать ход мысли (пока не будем останавливаться на том, какой он — целенаправленный или хаотичный) при поиске решения проблемы, то мы увидим, что анализ проблемы направлен прежде всего на структурирование исходной информации — ее оценку, отбор необходимой и дополнение недостающей. Процесс этот субъективный и, как правило, связан с личным опытом решателя проблемы, так как структурирование информации идет с подгонкой под известный решателю алгоритм. Иными словами, при поиске решения проблемы мы переводим ее в задачу, которую знаем, как решать. При этом, в зависимости от отобранной информации и, соответственно, алгоритма, мы получим различные варианты ответов. Качество ответа, кстати, позволяет судить об уровне развития мышления... Сравнение понятий «задача» и «проблема» представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение понятий «задача» и «проблема

Задача	Проблема
<p>1. Решателям задан необходимый и достаточный объем исходной информации (И):</p> <p style="text-align: center;">И ↓</p> <p>2. Решателям известен алгоритм (Ал) поиска решения задачи:</p> <p style="text-align: center;">Ал ↓</p> <p>3. Всеми решателями получен однозначный ответ (О):</p> <p style="text-align: center;">О</p>	<p>1. Каждый решатель получает некоторый объем исходной информации, анализирует его и на основе своего личного опыта переводит, отбрасывая излишнюю информацию и дополняя недостающую, в объем (И₁, И₂, И₃), ему необходимый и достаточный для поиска решения:</p> <p style="text-align: center;">И₁ И₂ И₃ ↓ ↓ ↓</p> <p>2. Поиск решения на основе полученного объема информации (использование «собственного», известного ему алгоритма):</p> <p style="text-align: center;">Ал₁ Ал₂ Ал₃ ↓ ↓ ↓</p> <p>3. По каждому варианту полученного решателями объема необходимой и достаточной информации после обработки ее своим алгоритмом получен свой ответ</p> <p style="text-align: center;">О₁ О₂ О₃</p>

А теперь попробуем решить проблему Робинзона, используя методы, предлагаемые ТРИЗ. Первое требование ТРИЗ — выяснить причины возникновения задачи. Поэтому проанализируем ситуацию, которую нам предлагают как «проблему Робинзона».

На острове Робинзон оказался в результате кораблекрушения. Чтобы вернуться домой, в родную Англию, нужно преодолеть водную преграду — океан. Теоретически есть четыре варианта — по воздуху, по поверхности воды, под водой и под землей — прокопать тоннель... Бывалый моряк, Робинзон, даже не задумываясь,

выбирает естественный для него вариант — по воде. Здесь проблем нет.

Чтобы переплыть океан и не утонуть и не умереть с голоду, нужна надежная — большая! — лодка. Большую лодку можно вырубить топором из большого дерева — здесь проблем тоже нет. Проблема возникает, когда лодку нужно спустить на воду и сделать это известным Робинзону (и участникам передачи «Требуется идея») способом не удается.

«И не то чтобы мысль о спуске на воду совсем не приходила мне в голову, — нет, я просто не давал ей ходу, устраняя ее всякий раз глупейшим ответом: «Прежде сделаю лодку, а там, наверно, найдется способ спустить ее».

Наконец благодаря упорному труду мной была сделана прекрасная пирога, которая смело могла поднять человек двадцать пять, а следовательно, и весь мой груз. ... Но все мои старания спустить ее на воду не привели ни к чему, несмотря на то, что они стоили мне огромного труда. До воды было никак не более ста ярдов (примерно 90 м — Прим. М.М., Л.Ш.); но первое затруднение состояло в том, что местность поднималась к берегу в гору. Я храбро решился его устранить, сняв всю лишнюю землю таким образом, чтобы образовался отлогий спуск. Сколько труда я положил на эту работу! Но кто бережет труд, когда дело идет о получении свободы? Когда это препятствие было устранено, дело не продвинулось ни на шаг: я не смог сдвинуть свою пирогу...

Я был огорчен до глубины души и тут только сообразил — правда, слишком поздно, — *как глупо приниматься за работу, не рассчитав, во что она обойдется и хватит ли сил для доведения ее до конца*⁴ (курсив наш — М.М., Л.Ш.).

Попробуем разобраться, почему ему не удалось спустить лодку. Огромнейший кедр, из которого Робинзон делал лодку, имел в поперечнике у корней 5 футов 10 дюймов (примерно 1,8 м), а на высоте 22 футов (около 8 м) — 4 фута 11 дюймов (около 1,5 м). Такое бревно весит более 15 тонн, и если даже предположить, что при

⁴ — Дефо Д. Робинзон Крузо. — М.: Художественная литература, 1981. — С. 103–104.

обработке бревна три четверти его объема ушло в стружку, то вес лодки составит около 4 тонн.

Чтобы **тащить** такую лодку, нужна большая сила тяги, и большинство генерируемых в ходе мозгового штурма идей как раз и были направлены на создание такой силы (см., например, идеи 4–8, 20–22). Силу тяги можно уменьшить, если снизить потери на трение — и часть идей направлена на уменьшение трения за счет смазывания трущихся поверхностей (идеи 9–12).

Еще раз отметим, что пускаться в плавание через океан, чтобы утонуть, Робинзону явно не стоило. Следовательно, основная функция лодки — надежность в плавании, а надежность может обеспечить только **большая** лодка. Но при этом возникает нежелательный эффект — большую лодку невозможно переместить к морю. Можно сделать и перемещать маленькую лодку, но она будет ненадежной. Получается, что при попытке устранить один нежелательный эффект мы создаем новый! Так возникает причинно-следственная связь:

ЕСЛИ лодка большая, ТО она надежная, НО тяжелая.

И наоборот: ЕСЛИ лодка маленькая, ТО она легкая, НО ненадежная.

Отсюда следует, что лодка должна быть большой, чтобы быть надежной (выполнять основную функцию) — и быть маленькой, чтобы быть легкой (не создавать нежелательный эффект). Явное противоречие: быть большой — и быть маленькой! Но противоречие это относится к разным периодам времени: быть большой — во время плавания и быть маленькой — во время перетаскивания по поверхности земли.

Главное для Робинзона — чтобы лодка была большая во время плавания. Значит, она должна быть «как маленькая», т.е. требовать небольших усилий во время перетаскивания.

Выясним, почему лодку тяжело тащить. Чаще всего отвечают, что лодка тяжелая — целых 4 тонны! И только после анализа выясняется, что дело не в весе, а в силе трения, которое создается этим весом между днищем лодки и поверхностью земли. И сразу возникает новая идея: если лодку **катить** на катках или колесах по

твердому основанию, а **не тащить** по земле или даже по козым шурам, смазанным жиром, нужна будет совсем небольшая сила тяги. Иными словами, следует заменить трение скольжения трением качения. А для этого лодку нужно поставить на катки. Сделать это можно двумя способами: или подкопать под ней землю и засунуть туда несколько круглых бревен, или поднять лодку. Если подкапываться, мы делаем большую яму с рыхлым грунтом, по которому, во-первых, будут с трудом катиться бревна, а во-вторых, надо будет из этой ямы вылезать. Поднимать? Но когда вспоминают, что один человек должен поднимать 4 тонны, от этой идеи чаще всего сразу отказываются, считая, что подъем лодки — столь же сложное дело, как и ее перемещение. И зря! Ведь тащить нужно все расстояние, а поднять — только один раз. Кроме того, подняв лодку и поставив ее на катки, мы решим проблему ее перемещения.

Поэтому поставим новую задачу: поднять лодку. (Часть идей, выдвинутых в ходе мозгового штурма, кстати, были на это направлены — идеи 15–18, 22). Но, чтобы не повторять мозговой штурм, используем методы, рекомендуемые ТРИЗ.

В настоящее время функции грузоподъемных механизмов выполняют рычаги, домкраты, блоки, подъемные краны, дирижабли, вертолеты и т.д. Перенесем **мысленно** на остров подъемный кран, например автомобильный. Если такой кран вводить, то, в точном соответствии с причинно-следственной связью, он поднимет лодку, но недопустимо усложнит систему. Получается, что кран нужен, чтобы поднимать груз, и не нужен, чтобы не усложнять систему.

Но в самом кране нас интересуют не колеса, не рама, не кабина, даже не стрела и двигатель. Нас интересует только **основная функция** крана — его способность создавать подъемную силу. Вот эту способность крана — создавать подъемную силу — мы на острове оставим, а все остальные части, чтобы не усложнять систему, уберем. На острове останется основная функция **ОТСУТСТВУЮЩЕГО** крана. Идеальный кран — его нет, а функция выполняется!

Система, которой нет, но функция которой выполняется, в ТРИЗ называется идеальной.

Рассмотрим это понятие на еще одном примере — калькуляторе. Его основная функция — действия, для которых был создан калькулятор, — быстрый счет, быстрые действия с числами. Потребность в них возникла давно, и первыми устройствами, которые эти действия выполняли, были пальцы, палочки и камешки, потом счеты, арифмометр и логарифмическая линейка, и только недавно им на смену пришел калькулятор.

Какие же основные параметры менялись при смене каждого предыдущего устройства на новое? Прежде всего росла скорость счета — лучше выполнялась основная функция. При этом уменьшались затраты энергии на выполнение одной операции (одного действия с числами) и размеры всего устройства. Так что можно сказать, что каждая последующая система была более идеальной по сравнению с предыдущей.

Доведем теперь эти параметры до предела. Предельная скорость счета — в идеале огромная, бесконечно большая. Затраты энергии в идеале — нулевые, т.е. устройство работает без всяких затрат энергии. И размеры такого устройства в идеале тоже сводятся к нулю. И тогда мы получаем идеальный калькулятор — его нет, но вычисления производятся с бесконечно большой скоростью! Тенденция развития системы для быстрого счета по направлению к идеальности представлена в Таблице 2.

Таблица 2.

**Развитие системы для быстрого счета
по направлению к идеальности**

Устройства для быстрого счета	Основные изменяющиеся параметры	Направления изменения параметров	Предельные значения параметров
Пальцы, палочки, камешки, счеты, арифмометр, логарифмическая линейка, калькулятор.	Скорость счета	Повышается	∞
	Затраты энергии на выполнение одной операции	Уменьшаются	0
	Размеры устройства	Уменьшаются	0

Применение понятия «идеальная система» позволяет нам представить себе модель, к которой нужно стремиться при изменении любой системы.

А теперь применим понятие «идеальная система» для решения проблемы Робинзона. Если крана нет, а его функция — создание подъемной силы — должна выполняться, то очевидно, что такую силу нужно искать только внутри самой системы. Иными словами, лодка должна сама себя поднять, т.е. выступать одновременно в двух ролях: в качестве объекта, который нужно поднять, и в качестве силы, которая поднимает.

Единственная сила, которая есть внутри системы, — это вес лодки, который направлен вниз и прижимает ее к земле. Эту силу как раз и необходимо преодолеть. Получается новая — очень неожиданная! — задача: поднимать с помощью силы, направленной вниз! Существуют ли механизмы, которые работают таким образом? Да, это обычный рычаг, его простейший и всем известный вариант — детские качели. Второй механизм — блок: трос тянут вниз, а груз поднимается.

В нашей задаче ситуация осложняется тем, что лодка должна сама себя поднять, т.е. выступать одновременно в двух ролях: в качестве объекта, который нужно поднять, и в качестве силы, которая поднимает.

Оба варианта (рычаг и блок) можно реализовать, если мысленно разделить лодку на две части и рассматривать, например, корму — в качестве силы, а нос — в качестве объекта. Но чтобы нос мог подняться, корма должна иметь возможность опуститься. А опускаться ей некуда — мешает земля. Новая задача, но значительно более простая: выкопаем яму под кормой. А чтобы много не копать, сместим центр тяжести лодки к корме, для этого можно использовать тот самый грунт, который мы из-под кормы вынимаем. Когда нос задерется, а корма опустится в яму, подставим катки, выбросим груз из лодки — и она сама на катки опустится. Теперь лодку можно катить к морю.

Для сопоставления эффективности методов мозгового штурма и ТРИЗ проанализируем этапы решения задачи. Если попросить

автора каждой идеи, возникшей во время мозгового штурма, восстановить ход мысли, в результате которого его идея появилась на свет, то чаще всего отвечают: по ассоциации, по аналогии с чем-то уже известным, виденным, хорошо знакомым. Аналогизирование, как правило, прямое: необходимый признак или принцип переносятся без существенных изменений. Если предложить участникам мозгового штурма оценить методику с точки зрения наличия каких-либо закономерностей, то ответ чаще всего будет отрицательным. Поэтому цена опыта, приобретенного в результате участия в штурме, очень невелика.

Почему это так? Прежде всего, потому, что в методике мозгового штурма отсутствует этап **анализа проблемы**, и участники сразу начинают решать ее, предлагая и развивая идеи. К тому же в этой методике нет критериев выбора направления поиска решения, нет критериев оценки идей, выдвигаемых непосредственно в ходе штурма. Основная красота штурма — в хаотичности выдвигаемых идей, поэтому часто очередная выдвинутая идея перебивает ход решения, ведущий к нужному ответу, и задача возвращается к началу. Ход штурма отображен на рис. 4.1.

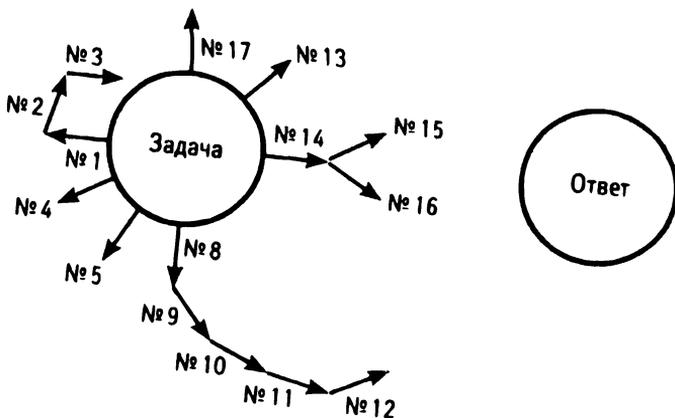


Рис. 4.1

Идея 1, например, неприемлемая в принципе («Прорыть канал к лодке»), получает вполне логичное и технически обоснованное развитие в виде идей 2 и 3 — использовать дождевую воду для создания шлюзов. Но это развитие перебивается идеей 4 — все-таки тянуть лодку. Идеи 8—11 представляют собой постепенное развитие варианта, предлагающего уменьшить трение, и естественно подводят к идее 12 — катить лодку. Но попытка решить новую задачу — поднять лодку — опять уводит решение в сторону. В результате большинство выдвинутых идей (а иногда и все!) оказываются «пустыми», а время на их генерирование — затраченным зря.

Кроме того, методика мозгового штурма не дает уверенности, что в числе выдвинутых идей действительно находится та, которая приведет к единственно верному результату.

ТРИЗ требует начинать решение с анализа проблемной ситуации и определения основной функции системы. Для проблемы Робинзона — это, прежде всего, надежность, поэтому дискуссии на тему «Зачем нужна большая лодка?» сразу отменяются.

Анализ причины, из-за которой возникла проблема, — необходимость создания большой тяговой силы, нужной, чтобы тащить лодку, — приводят к выбору другого способа перемещения — катить лодку. И еще десяток выдвинутых идей, связанных с понятием «тащить», оказываются ненужными: запрягать коз, рубить деревья, смазывать поверхности жиром... Так возникает новая задача — поднять лодку, чтобы поставить ее на катки. НО (!) — вместо поисков вариантов «по аналогии» сразу выдвигается идеальное с точки зрения ситуации требование: **лодка должна сама себя поднять**. Тем самым отсекается возможность применения блоков, рычагов, растущих деревьев, воздушных шаров и других «пустых» вариантов идей. И остается только один, самый сильный и реальный.

Так методика ТРИЗ самой структурой своего построения устраняет недостатки, присущие мозговому штурму (и, как убедимся в дальнейшем, другим методам перебора вариантов). Изначальная нацеленность на идеальное решение отбрасывает саму возможность тратить время на генерирование и дальнейший анализ «пу-

стых» идей, сужая в процессе решения поле поиска до той минимальной зоны, в которой существуют только сильные варианты.

Определим инструментарий, использованный при поиске решения проблемы алгоритмическим методом. Прежде всего, это была **четкая программа** в виде некоторой универсальной последовательности шагов по анализу проблемы и преобразованию исходной ситуации в задачу и поиску ее решения. Эта программа называется **алгоритмом решения проблемных ситуаций (АРПС)**.

По ходу решения мы неоднократно исследовали сущность физических процессов, создающих проблемы — виды трения, центр тяжести... Да и само решение в конце концов свелось к поиску физического (в данной задаче) эффекта, который обеспечивает реализацию идеального варианта. Объем знаний о законах природы, необходимый для реализации идеи, составляет необходимый **информационный фонд (ИФ)**.

Во время поиска решения проблемы к чисто логическим ходам мысли подключалось воображение: например, тогда, когда нужно было представить себе идеальный — отсутствующий — кран, мысленно разделить лодку на две части... **Формирование управляемого воображения — цель специального курса развития творческого воображения (РТВ)**.

АРПС, ИФ и РТВ — основные инструменты теории решения изобретательских задач — ТРИЗ, основы которой в конце 1940-х гг. заложил и затем на протяжении всей своей жизни развивал инженер Г.С. Альтшуллер с соратниками и учениками. Возможность применения ТРИЗ для формирования системного мышления в учебном процессе и является содержанием данного учебного пособия.

Глава 5.

Изучаем системы в развитии: генетический анализ технической системы

Анализ истории появления и развития технических систем выявил объективные закономерности этого процесса, хотя потребности человечества, вызывающие необходимость совершенствования систем, связаны с субъективными факторами. На примере детального генетического анализа системы местного освещения показано, что развитие технических систем происходит в результате разрешения противоречий, возникающих при предъявлении пользователем новых требований к существующей системе. Построен фрагмент многоэкранный схемы развития системы, показаны взаимосвязи между элементами системы и надсистемами.

Сформулирована группа общих законов развития технических систем (идеология ТРИЗ).

В предыдущей главе, в поисках решения проблемы Робинзона, мы использовали некоторые понятия: функция, система, идеальный объект. Определим теперь эти понятия и их значимость для решения проблем.

Но прежде немного истории. Проблемы интенсификации интеллектуального труда, в частности творческого, — генерирования новых идей с целью создания новых технологий — особенно острыми стали в начале XX в. Тогда были предприняты попытки изучить процессы мышления наиболее талантливых ученых и изобретателей, чтобы выявить закономерности в этих процессах и на их базе сформировать систему обучения творческим способностям. Результаты этих исследований и практические наблюдения за технологией генерирования идей и особенностями мышления личности привели к созданию целого ряда широко известных методов, применяемых в техническом творчестве. Эти методы можно условно разделить на две группы:

1. Методы психологической активизации творческих процессов (мозговой штурм, синектика, конференция идей, метод фокальных объектов и др.).

2. Методы систематизации перебора вариантов (практически все методы этой группы используют в качестве основы принцип морфологического анализа).

В конце 1940-х гг. изучением процесса генерирования идей начал заниматься Г. С. Альтшуллер (15.10.1926 — 24.09.1998). После недолгих и бесплодных попыток выявить технологию мышления изобретателей Альтшуллер обратился к продукту изобретательской деятельности — авторским свидетельствам и патентам. Изучение в патентном фонде (в этой библиотеке собраны и систематизированы описания всех изобретений мира) истории развития объектов, созданных человеком для удовлетворения своих потребностей, и причин их изменения позволило сделать ему неожиданные и основополагающие для всей методологии творчества выводы, которые стали базой для создания ТРИЗ — теории решения изобретательских задач. Проведем аналогичное исследование (в ТРИЗ его называют генетическим анализом) и на примере развития и изменения одной системы попробуем выявить некоторые общие закономерности развития систем.

Как мы уже знаем, окружающие нас объекты и явления по способу возникновения, существования и изменения можно разде-

лить на две группы: *природные*, или естественные, и *искусственные*. К первым относятся горы, реки, облака, дождь, снег, растительный и животный мир и многие другие объекты и явления, *созданные природой без участия человека*.

К искусственным относят объекты и явления, созданные трудом человека. Внимательный взгляд на них показывает, что нет «объектов-бездельников»: нож, повозка, книга, станок, телефон, кинофильм — каждый из этих объектов создавался, когда у человечества возникала очередная острая потребность. Поэтому введем понятие «*основная функция*» (ОФ) как *действие, для осуществления которого создан данный искусственный объект*.

В качестве объекта для проведения генетического анализа системы рассмотрим источник местного освещения. Потребность в таком источнике возникла, чтобы продлить световой день и иметь возможность работать в темное время суток или в темной пещере.

Функцию первого источника местного освещения выполнял костер. Источником интересующей нас световой энергии служило дерево, получалась эта энергия в процессе химической реакции в форме горения. Регулирование количества света производилось изменением количества дров и их концентрацией в очаге горения.

Итак, чтобы осветить нужное место, можно разжечь костер. Но по мере развития человеческого общества и роста его потребностей недостатки такого источника освещения становились все более очевидными: прежде всего, костер потреблял много дров и освещал очень небольшое пространство.

Возникает проблема: если нужно осветить какое-то место, то можно использовать свет костра, но его в этом месте нет. Костер придется здесь разжечь специально, так как переносить его практически невозможно. А если нужно осмотреть большую пещеру? Или поискать что-то в темном лесу? Разжигать в каждом месте костер ради одного взгляда — смысла не имеет. Источник света должен быть подвижным. Отсюда противоречие: костер нужно переносить, чтобы осветить нужное место, но его нельзя переносить, потому что нельзя взять в руки.

Взять и перенести можно часть костра — одну горящую ветку. Но одна ветка без компании плохо горит и быстро гаснет. Новая проблема: если использовать в качестве источника света одну ветку, то ее можно переносить, но она быстро гаснет. И появилось новое противоречие: одна ветка должна гореть, чтобы ее можно было переносить, но одна ветка гореть не может.

Впрочем, может, если она тонкая и сухая — лучинка. Но лучинка, хотя дает много яркого света, быстро сгорает. Чтобы лучина долго горела, она должна быть длинной. Но тогда по мере сгорания лучины огонь будет перемещаться, например, сверху вниз, а огонь нужен на одном месте, например, над столом. Для этого придется все время лучину поднимать... Складывается интересная ситуация: как только мы пытаемся улучшить что-то одно — тут же ухудшается другое. Опять проблемы и противоречия...

А почему, собственно, должно гореть именно дерево? Гореть может что-то другое: например, жир, который надо как-то удерживать на одном конце ветки. А второй конец ветки можно взять в руку и переносить огонь таким образом с места на место.

По сравнению с костром факел — более сложное устройство; он состоит минимум из трех частей: жира, который является источником световой энергии; какой-то «держалки», например, хлопчатобумажной тряпки, которая пропитана жиром и потому его удерживает, и самой палки-рукоятки. Очевидно, что без любой из этих частей факела не будет. Поэтому введем понятие *«система»* как *объединение разнородных элементов, предназначенное для выполнения основной функции и создающее своим объединением новое свойство, которым не обладает ни один из составляющих систему элементов. Элементы, из которых состоит система, будем называть частями системы, или «подсистемами».*

Но сам факел можно рассматривать как элемент значительно большей системы *«Устройства для освещения»* — *надсистемы*, куда, кроме факела, войдет пока только костер (других мы еще не знаем).

Возникает некоторая иерархия систем, в которой каждый элемент можно рассматривать, с одной стороны, как систему, состоя-

шую из отдельных элементов, а с другой — как элемент, входящий в иную систему. Например, *элементы факела — жир, деревянная палка и хлопчатобумажная тряпка — являются частями систем «Животный мир» и «Растительный мир».*

Отметим также, что линия «костер — ветка — лучина» исчерпала свои возможности: в факеле изменился принцип действия системы — закон природы, с помощью которого реализуется основная функция. В факеле в качестве источника световой энергии вместо дерева горят жир или нефть, которые дают значительно большее количество света на единицу веса (рис. 5.1).



Рис. 5.1

Рабочая часть факела усовершенствовалась, а ветка-палка стала ручкой и выполняет уже не основную функцию, а вспомогательную. В результате факел как источник местного освещения, хотя и стал сложнее, выполняет с точки зрения пользователя свою основную функцию значительно лучше — идеальнее, чем костер. Происходит это в результате специализации элементов: жир, тряпка, палка — каждый из них подобран по принципу наилучшего выполнения своей функции.

Продолжим генетический анализ. Факел как источник местного освещения может гореть на одном месте, например, там, где работает ремесленник. Поэтому желательно не держать факел, а освободить руку для работы. В такой ситуации фактически нужен не весь факел, а только его верхняя часть — светильник. Новая проблема: если факел горит на одном месте, то его можно не держать в руке, но тогда нужно как-то закрепить. И новое противоречие:

светильник нужно держать, чтобы он горел в определенном месте, и не нужно держать, чтобы не занимать руку. Длинная ручка оказывается лишней, ее можно заменить подставкой, чтобы ставить светильник на стол, или каким-нибудь крючком, чтобы крепить светильник на стенку. Система опять изменяется, чтобы лучше для пользователя выполнять свою функцию. Можно изменить и способ удержания жира и продлить время горения светильника: тряпку положить в какой-то сосуд.

В первом случае изменился принцип действия системы — вместо дерева горит жир, т. е. изменился основной элемент — источник энергии. В последующих изменениях усовершенствовались другие элементы системы — вспомогательные, а принцип действия остался тем же (рис. 5.2).

Дополним схему:

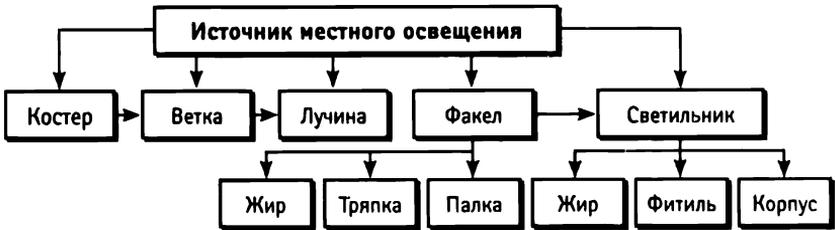


Рис. 5.2

Столь детальный и многоплановый анализ всего двух этапов развития системы позволяет сделать ряд важных выводов и, опираясь на них, в дальнейшем вести анализ более сжато.

Прежде всего, отметим, что *система изменилась не сама по себе, а потому, что пользователь системы — человек — предъявил к ней новые функциональные требования, которые система в своем существующем варианте выполнить не могла. Возникла проблема, в основе которой лежало противоречие. И изменение системы происходило только тогда, когда это противоречие преодолевалось.*

Отчетливо видно и *направление изменения системы — в сторону повышения уровня ее идеальности с точки зрения пользователя, потребителя функции системы*. Действительно, совершенствовать жировой светильник «обратно» к костру вряд ли кто-то будет. Следовательно, существуют какие-то объективные законы развития систем, по которым реализуются субъективные требования потребителя системы. (В дальнейшем будет показано, что, если субъективные требования расходятся с объективными законами, развитие системы заходит в тупик.)

Таковы были первые выводы, сделанные Г.С. Альтшуллером в конце 1940-х гг. в результате анализа патентного фонда. Они стали основанием для формулирования *постулата ТРИЗ: существуют объективные законы развития технических систем, эти законы познаваемы и могут быть использованы для сознательного развития систем*.

Затем был сформулирован *первый закон развития технических систем*: развитие технических систем происходит в направлении повышения уровня их идеальности.

И следствие из первого закона: идеальна та система, которой нет, а функция которой выполняется.

Постулат ТРИЗ, первый закон развития технических систем и следствие из него позволили создать первый «инструмент» для поиска решения изобретательских задач — ориентироваться при решении на идеальный конечный результат (ИКР). Мы уже использовали этот инструмент, когда ввели идеальный — отсутствующий! — кран для подъема лодки Робинзона: крана не было, а функция крана выполнялась.

В последующих главах, анализируя ход решения задач и делая на основе этих анализов выводы, мы еще вернемся к законам развития технических систем. А сейчас четко определим, **почему** появляются искусственные системы и **по какой причине** они изменяются.

Причины появления и изменения систем можно определить так: в процессе жизнедеятельности и по мере развития у человека возникает **новая потребность**. Чтобы ее удовлетворить, нужно соз-

дать искусственную систему, которая будет выполнять **определенную функцию** и таким образом удовлетворять эту потребность. Чтобы создать искусственную систему, в нее нужно заложить **принцип действия** — использовать законы природы, которые позволят этой системе выполнять свою основную функцию. Таким образом возникает **конструкция**, действие которой удовлетворяет потребность. Но со временем потребности человека растут, и он начинает предъявлять к существующей конструкции **новые, повышенные требования**, которые она удовлетворить не может. Возникает **противоречие между требованиями человека и возможностями конструкции**. Чтобы разрешить это противоречие, нужно изменить либо элементы системы, либо сам принцип действия. Система становится более совершенной — она лучше удовлетворяет потребности человека, пользователя этой системы.

Но со временем человек начинает предъявлять уже улучшенной системе новые требования — и вновь возникают противоречия между его требованиями и возможностями системы. Цепочка повторяется...

А теперь продолжим генетический анализ системы местного освещения в более быстром темпе, но будем иметь в виду, что сделанные выше выводы о причинах изменения систем действуют на каждом этапе этих изменений.

Причиной дальнейшего совершенствования светильника стало благоустройство жилища, оно привело к созданию свечи — короткой «лучины», которая долго горит. По сравнению со светильником свеча явно идеальнее — в холодном состоянии воск (в дальнейшем — парафин или стеарин) имеют твердую структуру, поэтому не растекаются и не требуют корпуса, легче хранятся, безопаснее в быту и т.д. Но воск — вещество дорогое, поэтому в домах попроще еще долго горела лампада — кусочек фитиля, плавающий в растопленном жире.

А что, если вместо жира налить в плошку керосин? Керосин, точнее, его пары, прекрасно горят и дают яркий свет — это как раз то, что нужно! Плохо то, что пламя сразу распространяется по всей поверхности плошки и керосин быстро выгорает. Поэтому

надо разделить две зоны — место горения и место хранения. А как подавать керосин из второй зоны в первую? Опыт уже есть: тряпка на факеле, пропитанная жиром, обгорает снаружи, постепенно «вытягивая» жир изнутри — капиллярный эффект. Сделаем фитиль из тряпки и опустим его в керосин. Но пламя сбегает по фитилю вниз к площадке. Надо его остановить чем-то негорючим. Как в свече. Так появляется металлическая трубка, внутри которой проходит фитиль. Его нижний конец плавает в керосине, а верхний горит.

Стало лучше, и тут же появилось новое требование: открытая площадка с керосином опасна. Значит, вместо площадки используем закрытый бачок. Но керосин нужно периодически подливать — сделаем из трубки съемную крышку-головку, например, на резьбе. Теперь поставим регулятор и усовершенствуем подачу фитиля: во-первых, он постепенно сгорает, и его надо вытягивать из трубки. Кроме того, от размера вытянутого конца фитиля зависит яркость пламени. Чтобы обезопасить себя от открытого пламени и заодно избавиться от копоти, поставим стекло. Но зачем освещать потолок? Оденем на стекло отражатель — рефлектор — и направим поток света на стол (рис. 5.3).

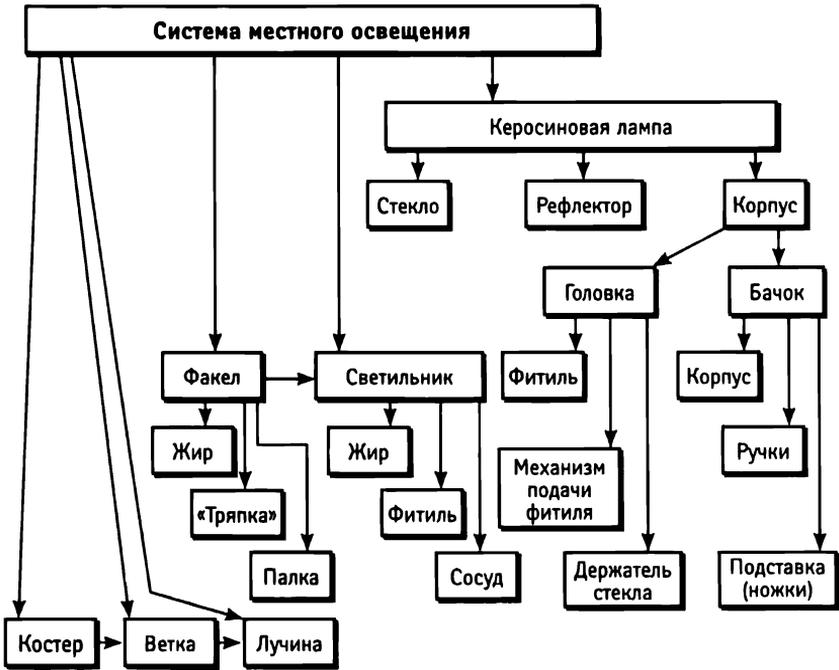


Рис. 5.3

Дальше можно совершенствовать ряд мелких деталей, но в принципе возможности керосиновой лампы на этом оказались исчерпанными. Ее идеальность по отношению к предыдущим источникам света значительно выше, что проявляется в следующем:

- возможность получить гораздо более яркий и чистый источник света — по спектру и без копоти;
- возможность простого регулирования количества света;
- бóльшая безопасность — открытое пламя прикрито стеклом, а источник энергии — керосин — плотно закрыт.

Какую же цену заплатило человечество за повышение этого уровня идеальности?

Чтобы получить керосин, нужно разведать залежи нефти, а для этого должна существовать такая наука, как геология. Чтобы из-

влечь нефть из недр земли, нужно пробурить скважины — для этого пришлось создать нефтедобывающую отрасль промышленности. Чтобы переработать ее на заводе — нефтехимическую. Но выполнить все эти работы можно только при наличии развитой металлургической и металлообрабатывающей отраслей. Эти же отрасли нужны, чтобы изготовить саму лампу — прокатать тонкий металлический лист, разрезать на куски, соединить в герметичный корпус, изготовить остальные детали... Чтобы получить дешевое, тонкое и прочное стекло, необходимы опять-таки химическая и стеклообрабатывающая отрасли со своими специальными машинами. А изготовление машин требует развитой энергетики, транспорта, приборов для измерения и контроля... Все эти отрасли — надсистемы для различных частей керосиновой лампы. Так образуется *сложнейшая иерархическая сеть горизонтальных и вертикальных взаимосвязей между различными отраслями производства, учет и анализ которых составляет сущность системного подхода.*

Таким образом, *из закона повышения уровня идеальности систем вытекает еще одно следствие: повышение этого уровня происходит за счет усложнения надсистемы.* Иными словами, упрощая свою жизнь с целью получения максимального количества свободного времени и удовлетворения все возрастающих материальных и духовных потребностей, человечество все больше и больше усложняет производство. Это и есть научно-технический прогресс. Или, если учесть его темпы и последствия, научно-техническая революция...

А как же керосиновая лампа? Некоторое время с керосиновой лампой пытались конкурировать газовое освещение, но из-за сложности и повышенной опасности не нашло широкого распространения. А затем ее свет померк рядом со свечой Яблочкова (1876), а еще через несколько лет — с лампами накаливания Лодыгина и Эдисона.

Электрическая лампочка, при ее высочайшей идеальности по сравнению с керосиновой лампой, не говоря уже о лампаде и факеле, тоже довольно скоро стала объектом критики. Прежде всего

подсчитали, что ее коэффициент полезного действия составляет всего несколько процентов, а вся остальная энергия расходуется на нагревание нити накаливания. И второй основной недостаток: спектральный состав излучаемого светового потока сильно отличается от состава спектра естественного солнечного освещения, что вредно отражается на зрении.

Второй недостаток более-менее устранен: добавки некоторых газов внутрь колбы лампы позволяют получить спектр излучения, близкий к солнечному. А вот повысить КПД лампы накаливания практически не удастся, так как получить яркий свет можно только от сильно нагретой нити — это *принцип действия* лампы накаливания.

Опять прервем на некоторое время генетический анализ и рассмотрим лампочку как систему. Основная функция этой системы — создавать световой поток. Эту функцию выполняет нить накаливания — рабочий орган системы. Чтобы рабочий орган смог реализовать свою функцию, необходим источник энергии — электростанция или аккумулятор. Энергия должна поступать к рабочему органу — значит, необходима трансмиссия. И подачей энергии необходимо управлять — нужен орган управления, например в виде выключателя.

Эти четыре элемента — рабочий орган, источник энергии, трансмиссия и орган управления — определяют минимальный состав любой автономной технической системы. Все эти элементы присутствовали и в костре, и в керосиновой лампе, но в менее явном виде. Так, рабочим органом в лампе было пламя, источником энергии — керосин, трансмиссией — капилляры фитиля, по которым керосин поступал из бачка лампы в зону горения, а органом управления — механизм, перемещающий фитиль вверх или вниз.

Выполняя по существу одну и ту же функцию, керосиновая лампа и лампа накаливания отличаются друг от друга всеми элементами. Корень различия — в принципе действия.

Принцип действия реализует *идею* потребности, обеспечивая системе возможность функционировать с помощью соответствующего рабочего органа — первичного элемента любой системы.

И уже под рабочий орган подбираются остальные элементы системы.

А как найти подходящий принцип действия? Только из знания законов природы. Таким образом, *рождение новой системы получается в результате такой цепочки: потребность человека (общества) — возникновение идеи — поиск соответствующих знаний — определение принципа действия системы — выбор рабочего органа — подбор остальных элементов системы.* Система будет работоспособной, если минимально работоспособными будут все четыре органа системы. Повышение работоспособности — функциональности — системы происходит за счет совершенствования всех ее органов.

Совершенствование это, кстати, происходит неравномерно: то один, то другой орган вырывается вперед и вынуждает подтягиваться остальные. Но наступает период, когда из резервов всех элементов системы выжато все возможное и дальше совершенствоваться нечего и некуда — система исчерпала свои возможности. Такая система или умирает (гусиное перо в качестве пишущего средства, факел), или останавливается в своем развитии (карандаш, лампа накаливания), или ее рабочий орган входит в новую систему (грифель карандаша — в цанговый карандаш).

Еще одно направление развития системы — увеличение количества выполняемых ею функций, помимо основной, это отчетливо видно, например, на развитии мобильного телефона.

Если мы продолжим генетический анализ системы местного освещения, прерванный нами на лампе накаливания, то увидим лампу дневного света, работающую на принципе дугового разряда. В этой лампе значительно выше коэффициент полезного действия — до 20%, значительно лучше спектральный состав светового потока. Но появляются свои недостатки: например, мерцание, которое очень вредно для зрения. Чтобы устранить эти недостатки, разрабатываются новые источники света, например, энергосберегающие диодные лампы, — наука в своем развитии не может остановиться. Совсем недавно появилось сообщение о «вечной»

лампе. Эта лампа заполнена газом и никуда не подключается, но рядом устанавливается специальный высокочастотный генератор. Под действием высокой частоты молекулы газа возбуждаются и излучают свет...

Историю развития системы местного освещения, как и любой другой системы, можно представить в виде схемы, состоящей из длинной цепочки сменяющих друг друга систем с различными принципами действия, подсистемами, надсистемами и связями между ними. Такая схема носит название «Системный оператор», так как позволяет ориентироваться во всей генетике системы, или «Схема многоэкранного мышления» — из-за необходимости при работе с системой быстро представить в своем воображении всю эту структуру (рис. 5.4).

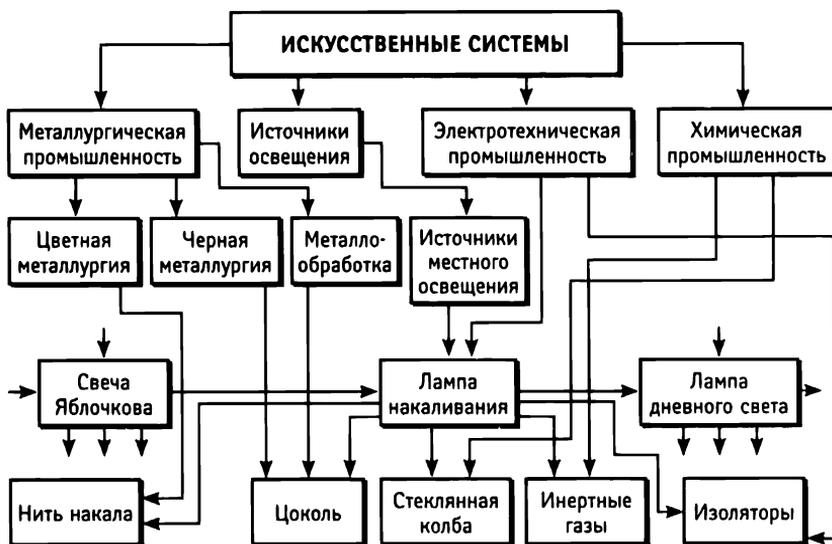


Рис. 5.4

И чем больше «экранчиков» вы сможете увидеть, чем больше связей установить и учесть, тем легче будет вам сделать и принять

выявленные в процессе генетического анализа **общие законы развития технических систем:**

1. Развитие любой технической системы идет в направлении повышения уровня ее идеальности.

Следствия:

1.1. Техническая система идеальна, если ее нет, а функции системы выполняются.

1.2. Повышение уровня идеальности системы происходит за счет усложнения надсистем и/или увеличения количества функций.

2. Развитие частей системы идет неравномерно — через возникновение и преодоление противоречий.

3. Исчерпав возможности своего развития, техническая система или вырождается, или консервируется на определенном уровне, или ее рабочий орган входит как подсистема в новую систему.

Кроме общих законов, которые составляют, если можно так выразиться, идеологию ТРИЗ, ее основную сущность, есть еще законы синтеза системы и законы развития системы. Эти законы будут подробно рассмотрены в следующих разделах, хотя отдельные их положения уже просматривались в ходе генетического анализа, к которому мы будем еще не раз возвращаться.

При генетическом анализе искусственных объектов их достаточно часто сравнивают с объектами живой природы, каждый из которых тоже достиг очень высокого уровня развития и по-своему совершенен. Принципиальная разница между ними заключается в том, что эволюция объектов живой природы — от простейшей амебы до сложнейших белковых организмов — происходила в естественных условиях их взаимодействия с внешней средой как борьба за выживание. И каждый этап этого совершенствования — это тоже разрешение противоречия, но возникшего, например, в связи с резким изменением температуры или исчезновением вида, который служил традиционной пищей.

Изменение же искусственных объектов происходит только в связи с ростом потребностей самого человека. Одна из таких потребностей, чисто социальная, — стремление выделиться среди окру-

жающих, проявить свою индивидуальность — может быть реализована через систему условных ценностей. Такой системой ценностей современное общество чаще всего считает количество и качество принадлежащих данному человеку вещей. Отсюда — безудержная погоня за все новыми и новыми вещами, чтобы как-то выделяться в толпе, отсюда — тот тупик, в котором все яснее начинает ощущать себя современное общество потребления. *Ведь общество — это тоже искусственная система, и его развитие подчиняется тем же объективным законам...*

Глава 6.

От системного анализа проблемы — к поиску ее решения: алгоритм решения проблемных ситуаций

На примерах поиска решения четырех изобретательских задач вводятся и детально анализируются основные элементы алгоритма: нежелательный эффект, возникающий при попытке изменить существующую систему, постановка изобретательской задачи, идеальное средство устранения, оперативная зона и оперативное время, техническое и физическое противоречия, идеальный конечный результат. Показано, что логика и схема построения (структура) алгоритма соответствуют последовательности мыслительных операций, выполняемых при поиске решения сложной проблемной ситуации, и тем самым способствуют формированию системного мышления.

Значение АРИЗ (алгоритма решения изобретательских задач) при поиске решения проблем Г.С. Альтшуллер определил очень

четко: «Решение задачи по АРИЗ — это творчество в любом понимании. Организованное творчество — это самое главное. Возможность организации творчества дает надежду на то, что так же можно организовать творчество в других видах человеческой деятельности, что неизмеримо более заманчиво, чем просто возможность решать технические задачи. *Наша высшая задача — перестроить мышление*» (Первый семинар для разработчиков ТРИЗ, 1987).

Под перестройкой мышления Г.С. Альтшуллер понимал замену хаотичного поиска идеи решения (когда «мысли суетятся») такой четко организованной последовательностью выполнения мыслительных операций, при которой каждый шаг мысли обоснован и логически вытекает из предыдущих шагов. Как же можно выработать навыки технологии — «как думать»?

Чтобы приобрести навыки любой профессии, нужны длительные тренировки с комплексом специальных упражнений, только тогда появляется автоматизм при выполнении необходимых операций. Следовательно, нам нужен такой *комплекс упражнений*, в каждом из которых есть проблемная ситуация — только при ее решении работает мышление, и алгоритм, который позволит преобразовать проблему в задачу и найти идею ее решения. При этом алгоритм не заменяет мышления — он только показывает направление — «куда думать».

Вспомним *требования к такому алгоритму*:

- *осознанность мыслительных операций и управляемость ими;*
- *получение результата на уровне идеального (для данной проблемной ситуации);*
- *лаконичность: четкость и экономичность структуры алгоритма;*
- *повторяемость результата при соблюдении алгоритма;*
- *универсальность (применимость для анализа и поиска решения любых проблем).*

В качестве комплекса упражнений лучше всего использовать так называемые «изобретательские задачи» — реальные технические проблемы, которые возникали при создании или совершен-

ствовании различных машин и механизмов. И пусть никого не смущают термины «изобретательские» и «технические»: первый говорит только об оригинальности проблемы и необходимости особого подхода к ее решению. А «технические» знания, которые требуются для поиска решения, находятся на уровне 8–9 классов средней школы (а чаще и того меньше). Главное, что понадобится при поиске решения, — это четкая логическая последовательность выполнения всех мыслительных действий по «перемалыванию» задачи. А чтобы алгоритм воспринимался вами не как спущенная сверху инструкция, которую почему-то надо выполнять, а осознанно, чтобы стал он своим, родным и близким, выведите его сами в ходе анализа и поиска решения четырех проблем.

Проблема 1. Лампа Г.Н. Бабакина

Процесс мягкой посадки ракеты после полета осуществляется следующим образом: чтобы ракета стала на «ноги», расположенные обычно в хвостовой части, ее перед посадкой разворачивают хвостовой частью к посадочной поверхности (рис. 6.1). Затем включаются тормозные двигатели, которые обеспечивают торможение и плавный спуск ракеты.

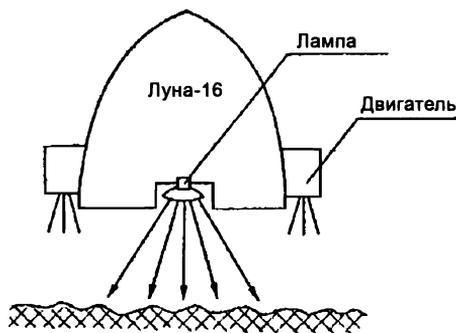


Рис. 6.1

При проектировании в начале 70-х годов XX ст. первого в мире посадочного комплекса «Луна-16» для мягкой посадки на Луну в его хвостовой части установили мощную лампу, чтобы осветить лунную поверхность под «ногами» станции. Лампы накаливания состоят из трех основных частей: нити накаливания, стеклянной колбы для сохранения вакуума, в котором находится нить⁵, и цоколя — металлической части, соединяющей лампу с источником электроэнергии и местом ее установки. Посадочный комплекс спроектировали, рассчитали, изготовили, стали испытывать *на стенде*. В режиме «Посадка» включили лампу. Лампа зажглась, но через некоторое время задымилась, стала матовой и перегорела.

При исследовании выяснилось, что в месте соединения стеклянной колбы с цоколем в стекле образуются микротрещины. Выяснили и причину образования микротрещин — от вибрации, которую создают во время работы тормозные двигатели. Через трещины проникает воздух, раскаленная нить накаливания окисляется и перегорает. **Как быть?**

Сотрудники отдела, ответственного за изготовление лампы, перепробовали множество вариантов, но... При решении этой задачи методом мозгового штурма обычно намечаются такие направления поиска решения:

1. Устранить воздействие вибрации на лампу. С этой целью предлагаются различные виды подвесок, пружин, амортизаторов, пластичных составов, гасящих вибрацию, вплоть до вынесения лампы из комплекса и освещения места посадки каким-нибудь другим способом (например, вторым спутником).

2. Изменить конструкцию лампы. Характер этих предложений сводится к замене лампы накаливания дуговой лампой типа прожектора, изменению способа крепления лампы (без цоколя) к корпусу станции, усилению той части колбы, которая трескается, и т. д.

⁵ — Для справки: на открытом воздухе раскаленная до рабочей температуры (3000°) вольфрамовая нить лампочки активно соединяется с кислородом воздуха, быстро окисляется и поэтому перегорает.

Рассмотрим лампу как систему, основная функция (ОФ) которой — освещать место посадки. Лампа состоит из трех основных элементов — подсистем: нити накаливания, цоколя и колбы (рис. 6.2). Основную функцию системы выполняет подсистема «нить накаливания», создавая световой поток в раскаленном состоянии. Цоколь и колба выполняют вспомогательные функции (ВФ): цоколь держит всю лампу в корпусе станции и соединяет ее с источником тока; колба обеспечивает вакуум, предохраняя раскаленную нить от взаимодействия с кислородом воздуха.

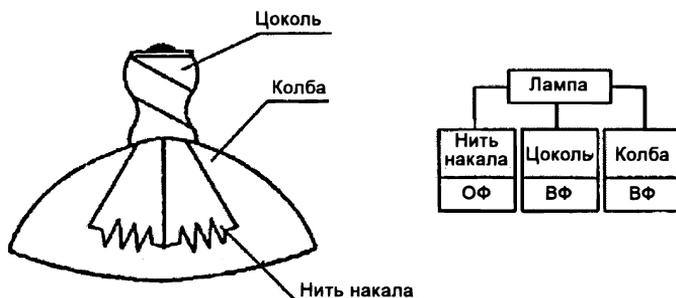


Рис. 6.2

Если вспомнить, что лампа, хотя и проектировалась на Земле, работать должна на Луне, где практически нет кислорода и вполне достаточно своего вакуума, то сразу же возникает вопрос «А зачем на Луне колба? Давайте ее уберем!». Именно такое решение предложил главный конструктор комплекса «Луна-16» Г. Н. Бабакин, как только ознакомился с проблемой.

Рассмотрим инструментарий, который позволил выйти на такое решение.

Прежде всего был проведен структурный анализ системы, предназначенной для выполнения конкретной основной функции, определен ее состав (подсистемы) и функции каждого элемента. Затем эти функции были перенесены в ту среду, в которой должна работать вся система. Одного этого анализа оказалось достаточно, чтобы найти практически идеальное решение: вся система остае-

ся без изменений, а вредное качество исчезает. Назовем задачу, в которой можно реализовать такое решение, минимальной, или мини-задачей.

Сделаем *первые выводы*:

— при анализе ситуации необходимо четко определить *ОФ* системы, состав системы и элементы, обеспечивающие выполнение *ОФ*;

— для получения идеального решения нужно стремиться устранять элементы, выполняющие *ВФ*.

Прикинем первую инструментальную цепочку действий при поиске решения проблемной ситуации: формулирование основной функции — определение состава системы и функций отдельных элементов — формулирование идеального конечного результата.

Кратко эту схему можно записать так:

ОФ → состав системы → ИКР.

Проверим, можно ли использовать эту цепочку мыслительных действий для поиска решения других проблем.

Проблема 2. Игла для хирургических операций

После хирургической операции разрезанные ткани сшивают ниткой — накладывают шов. Но в ушке иглы нитка складывается вдвое, и это утолщение разрывает ткани, особенно тонкие⁶ (рис. 6.3). До недавнего времени на эти разрывы не обращали внимания, так как процесс заживления основного шва шел достаточно долго. Но в последнее время в связи с успехами медицины и фармакологии эти разрывы ткани стали затягивать процесс выздоровления. Как быть?

⁶ — Смоделировать эту ситуацию можно, если сшивать тонкой иглой пленочные (нетканые) материалы, например искусственную кожу.

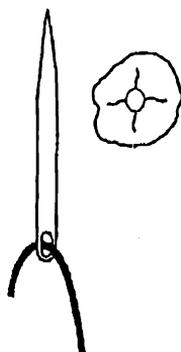


Рис. 6.3

Лучшая из идей, которую предлагают при решении задачи мозговым штурмом, — соединять нитку с иголкой «в торец». Решение хорошее, но технологически сложное.

Проанализируем ситуацию. Основная функция системы «иголка с ниткой», для выполнения которой эта система была создана, — сшивать разрезанные ткани. Но в процессе выполнения основной функции возникает нежелательный эффект — сложенная вдвое нитка в ушке иголки образует утолщение, которое создает в соединяемых тканях разрывы. Причина образования утолщения — необходимость соединить иголку с ниткой.

Здесь важно обратить внимание на еще один момент: это утолщение существовало всегда, но на него не обращали внимание, так как процесс выздоровления больного зависел от других факторов. Но с некоторого времени к этому соединению стали предъявлять новые, повышенные требования — и возник нежелательный эффект. Конечно, утолщение можно устранить, если не соединять нитку с иголкой: тогда ткани не будут разрываться, но и иголка с ниткой не будут объединены в систему и не смогут выполнять свою основную функцию.

Таким образом, *между основной функцией данной системы (сшивать ткани) и нежелательным эффектом (образованием разрывов) существует четкая причинно-следственная связь: ЕСЛИ мы*

хотим сшивать ткани, *ТО* должны соединить нитку с иголкой, *НО* тогда образуются разрывы.

И обратно: ЕСЛИ мы хотим предотвратить образование разрывов, *ТО* не должны соединять нитку с иголкой, *НО* тогда не сможем сшить разрезанные ткани.

Отсюда хорошо видно, что попытка обеспечить выполнение основной функции с помощью определенного принципа действия системы приводит к появлению соответствующего нежелательного эффекта. А попытка устранить возникший эффект приводит к появлению нового нежелательного эффекта: в частности, к невозможности выполнять основную функцию.

Возникает противоречие: нитка должна быть соединена с иголкой в ушке, чтобы сшивать разрезанные ткани (выполнять ОФ), и не должна быть соединена, чтобы не возникал нежелательный эффект (утолщение в ушке, которое приводит к разрыву тканей). Иными словами, соединение должно быть — и не должно быть.

Противоречие, при котором к одному состоянию, свойству или параметру системы предъявляются противоположные физические требования, называется физическим противоречием (ФП).

Определим условия, при которых можно устранить физическое противоречие. Очевидно, что в идеале иголка, нить и место их соединения должны иметь одинаковый диаметр. Одинаковый диаметр получится, если иголку с ниткой «состыковать» — обеспечить соединение «в торец», но осуществлять такое соединение в операционных условиях слишком сложно.

Уточним функции каждого элемента этой системы.

Основную функцию — «сшивать ткани» — выполняет нить, которая, кстати, стоит значительно дешевле иголки. Иголка же выполняет две вспомогательные функции — прокалывает отверстие и протягивает в него нить. Нельзя ли убрать элемент, выполняющий вспомогательные функции? Можно, если эти функции «по совместительству» будет выполнять элемент, выполняющий основную функцию.

Что же для этого необходимо? Чтобы *нитка* могла выполнять функции иголки, она, без сомнения, *должна* обладать и свойства-

ми иголки, т.е. *быть острой и твердой*. А чтобы сохранить возможность выполнять свою основную функцию — сшивать, — нитка *должна быть гибкой и эластичной*. Причем в данном случае в одно и то же время. Новое *физическое противоречие*.

Его можно разрешить, если принять во внимание, что свойствами иголки должна обладать не вся нить, а только ее часть — кончик. Как это сделать? Обратились к специалистам-химикам. Они подобрали специальный раствор, нить, пропитанная таким раствором, становилась твердой. Оставалось заточить кончик нити.

Сделаем очередные выводы. Определять ОФ системы, ее состав и функции элементов нужно, но этого недостаточно: *при попытке устранить один нежелательный эффект возникает другой, между ними существует причинно-следственная связь, и, если продолжать стремиться к ИКР, возникает физическое противоречие*.

Инструментальная цепочка мыслительных действий при анализе и поиске решения проблемной ситуации дополняется: формулирование основной функции (ОФ) — определение состава системы и функций отдельных элементов — выявление причинно-следственной связи (Если — То — Но) в двух вариантах — выявление физического противоречия (ФП) — формулирование идеального конечного результата (ИКР).

Запишем ее кратко:

ОФ → состав системы → Если → То → Но → ФП → ИКР.

Проблема 3. Радиостанция для альпинистов

При восхождении на высокие вершины альпинисты для связи с базовым лагерем используют радиостанции с фиксированными частотами, которые работают на полупроводниковых приборах (рис. 6.4). Но высоко в горах при температурах ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ полупроводники сильно охлаждаются, и их физические свойства меня-

ются. В результате меняется частота, на которой они должны работать, и связь с лагерем нарушается. Чтобы радиостанция не замерзала, ее главную часть (генератор частоты) предложили поместить в термостат — сосуд типа термоса с подогревом, а наружу вывести антенну, микрофон и динамик. Но оказалось, что термостат будет весить в три-четыре раза больше, чем сама радиостанция, да еще нужен мощный аккумулятор в качестве источника питания — а это опять лишний вес, который носить в горах очень трудно. Как быть?

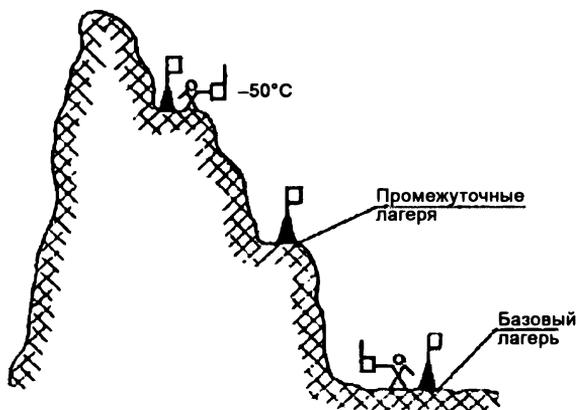


Рис. 6.4

Проанализируем ситуацию — почему возникла проблема? Основная функция, которую должна выполнять система в составе: радиостанция, базовый лагерь внизу и альпинист наверху, — обеспечить устойчивую радиосвязь между базовым лагерем и альпинистом. Радиостанция была спроектирована для работы в нормальных климатических условиях — при средних температурах — и прекрасно выполняла свою основную функцию. Используя радиостанцию на восхождениях в горах при низких температурах, альпинисты предъявили к ней значительно более жесткие требования, и радиостанция работать отказалась. Так возник *нежелательный эффект №1* (НЭ₁). Чтобы его устранить, предложили

использовать *средство устранения* (СУ) — термостат. Термостат действительно обеспечивает устойчивую радиосвязь, но много весит, что создает *новый нежелательный эффект* (НЭ₂).

Сформулируем *причинно-следственные связи в их противоположных состояниях*:

1. Если использовать термостат (СУ), то нарушений связи не будет (НЭ₁ устраняется), но появляется лишний вес (НЭ₂).

Схематически это можно записать так:

$$СУ \rightarrow \overline{НЭ}_1 \rightarrow НЭ_2.$$

(Черточка над обозначением указывает на его отрицание, т.е. на противоположное значение.)

2. Если же термостат не использовать (СУ не вводить), то лишний вес не появляется (НЭ₂ не возникает), но сохраняется нарушение радиосвязи (НЭ₁).

Схематически это можно записать так:

$$\overline{СУ} \rightarrow \overline{НЭ}_2 \rightarrow НЭ_1.$$

*Свойство связи между двумя взаимодействующими объектами, при котором изменение одного объекта, или его части, или его параметра в нужную для нас, потребителей, сторону вызывает недопустимое для нас, потребителей, изменение другого объекта, или его части, или его параметра, называется **техническим противоречием** (ТП).*

Таким образом, между возможностью иметь устойчивую радиосвязь и необходимостью таскать лишний вес существует прямая зависимость, причем без всяких возможных компромиссов: или связь и лишний вес, или ни веса, ни связи.

Чтобы поставить изобретательскую задачу, применим прием, который уже был использован в задаче о лодке Робинзона: введем в систему отсутствующий, идеальный термостат. Такой термостат ничего не весит, не потребляет никакой энергии (так как он отсутствующий!), но прекрасно выполняет свою функцию: согревает радиостанцию.

Тогда *постановка изобретательской задачи* может схематически выглядеть так:

$$\overline{СУ} \rightarrow \overline{НЭ}_2 + \overline{НЭ}_1,$$

т.е. не вводя средство устранения СУ ($\overline{СУ}$) и тем самым не создавая новый нежелательный эффект $НЭ_2$ ($\overline{НЭ_2}$), устранить имеющийся нежелательный эффект $НЭ_1$ ($\overline{НЭ_1}$). Наша конкретная задача может быть записана так: не вводя термостат и тем самым сохраняя способность отсутствующего термостата не создавать лишней вес, обеспечить незамерзание радиостанции.

Из постановки изобретательской задачи и противоречия технического естественно вытекает *противоречие физическое*: термостат должен быть, чтобы радиостанция не замерзала и обеспечивалась устойчивая радиосвязь (основная функция системы), и термостата быть не должно, чтобы не приходилось носить лишней вес (чтобы не возникал $НЭ_2$).

Функцию идеального крана в задаче о лодке Робинзона выполняла сама система. Очевидно, что функцию идеального термостата, как и любого идеального элемента, тоже должна выполнять сама система. Тем более, что термостат выполняет вспомогательную функцию. А опыт решения предыдущих задач подсказывает, что от таких элементов нужно избавляться. Поэтому идеальное решение должно выглядеть так: система сама обеспечивает обогрев радиостанции.

Уточним состав системы, т.е. когда и при каких условиях ведется радиосвязь. Очевидно, только тогда, когда радиостанция находится в горах вместе с альпинистом, который сам является прекрасным источником тепла. Следовательно, функцию термостата — подогревать — можно передать альпинисту. Было предложено ту часть радиостанции, которая боится мороза, помещать в нагрудный карман комбинезона, а наружу вывести только микрофон, динамик и антенну.

Сделаем очередные выводы. Инструментальная цепочка действий при поиске решения проблемной ситуации дополняется новыми шагами: формулирование основной функции (ОФ) — определение состава системы и функции отдельных элементов — формулирование технического противоречия (ТП) в двух вариантах (выявление нежелательного эффекта $НЭ_1$ — введение средства устранения СУ — появление нового нежелательного эффекта

НЭ₂) — постановка изобретательской задачи (ИЗ) — формулирование физического противоречия (ФП) — формулирование идеального конечного результата (ИКР).

Запишем кратко новую схему:

ОФ → состав системы → ТП (НЭ₁ → СУ → НЭ₂) → ИЗ → ФП → ИКР

Проблема 4. О температуре химического раствора

Известен и широко применяется простой способ нанесения защитных и декоративных покрытий на металлические поверхности. Для этого металлическое изделие помещают в ванну, наполненную водным раствором соли металла, который должен стать покрытием (никель, кобальт, палладий, медь, золото). Начинается реакция восстановления, и на поверхность изделия оседает металл из раствора соли (рис. 6.5).

Процесс проходит тем быстрее, чем выше температура раствора. Но при повышении температуры соль в растворе начинает перекристаллизовываться, перестает растворяться в воде и выпадает в осадок. Раствор быстро теряет свои рабочие свойства, качество покрытия ухудшается, поэтому раствор приходится часто менять. При высокой температуре, которая обеспечивает нужную производительности скорости процесса, до 75% химикатов идет в отходы, что сильно удорожает процесс.

Пытались применить специальные стабилизирующие добавки, однако они повысили устойчивость соли к перекристаллизации в очень незначительной степени. Как быть?

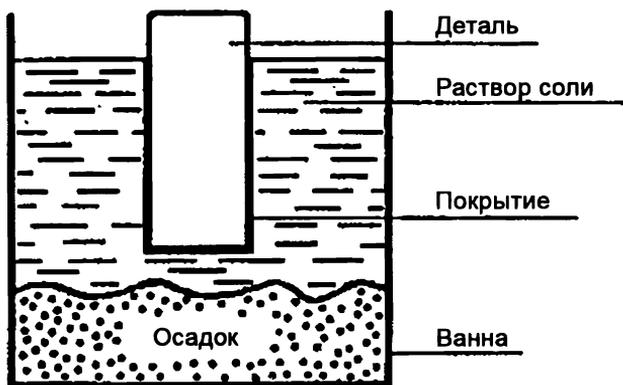


Рис. 6.5

Опыт решения предыдущих задач рекомендует начинать анализ ситуации с определения основной функции системы и ее состава.

В качестве основной функции этой системы обычно рассматривают просто покрытие детали, упуская из виду, что раствор нагревают для того, чтобы ускорить процесс покрытия. Производственников интересует *быстрый процесс*, и именно максимально полезное для нас действие, по рекомендации Г. С. Альтшуллера, нужно с самого начала рассматривать как основную функцию системы и стремиться ее добиваться. Так в алгоритм закладывается мощный психологический инструмент, уже с момента постановки задачи ориентирующий нас на достижение максимально эффективного результата!

Итак, *ОФ системы*: *быстрое нанесение покрытия* на поверхность детали путем погружения детали в горячий раствор соли.

Состав системы: ванна, горячий раствор соли и деталь. Однако выполнение основной функции — быстрое нанесение покрытия (при высокой температуре!) — создает и *нежелательный эффект* (НЭ₁): выпадение осадка. Причем чем выше температура, тем быстрее идет процесс и тем быстрее идет перекристаллизация соли и ее выпадение в осадок. Так как стабилизирующие добавки эффек-

та не дают, предотвратить выпадение осадка (ввести *средство устранения* — СУ) можно только одним путем: понизить температуру раствора. Но тогда возникает новый *нежелательный эффект* (НЭ₂): соответственно снижается и скорость процесса покрытия, т.е. снижается производительность труда, что недопустимо по условиям выполнения ОФ системы.

В реальных условиях в таких ситуациях чаще всего идут на компромисс: подбирают наиболее экономичный режим, т.е. такую температуру и такую скорость процесса, которые не вызывают больших расходов раствора. ТРИЗ же требует сохранить режим, при котором *основная функция будет выполняться наилучшим образом*, а нежелательный эффект при этом возникать не будет. На «тризовскую» постановку задачи нацелено, кстати, и формулирование технического противоречия — ситуация сразу оказывается в крайних вариантах: или ТП₁ — или ТП₂, *исключая тем самым возможности любого компромисса*.

Сформулируем эти варианты технического противоречия:

ТП₁: СУ → НЭ₁ → НЭ₂.

Если понизить температуру раствора, то осадок выпадать не будет, но снижается скорость протекания процесса покрытия.

ТП₂: СУ → НЭ₂ → НЭ₁.

Если же температуру не понижать, то скорость протекания процесса покрытия не уменьшается, но соль выпадает в осадок. Исходя из формулы *постановки изобретательской задачи*

СУ → НЭ₂ + НЭ₁, необходимо, не снижая температуру раствора и тем самым не уменьшая скорость протекания процесса покрытия, обеспечить невыпадение осадка.

Из постановки изобретательской задачи вытекает *физическое противоречие* (ФП): раствор должен быть горячим, чтобы процесс покрытия шел быстро, и раствор должен быть холодным, чтобы не выпадал осадок.

И просматривается один из вариантов ИКР: процесс должен идти в холодном растворе с такой же скоростью, как в горячем.

Чтобы разрешить физическое противоречие, *определим зону, в которой осуществляется основная функция, т.е. место, ГДЕ нам не-*

обходим горячий раствор. Назовем эту зону оперативной (ОЗ). (Попутно сразу же отметим, что чаще всего именно в зоне, в которой выполняется ОФ, и возникает конфликт — НЭ₁.) В данной задаче в процессе перехода частиц металла из раствора соли на поверхность детали участвует только тот слой жидкости, который непосредственно контактирует с поверхностью детали. Весь остальной объем раствора в реакции не участвует, но, если он горячий, осадок из него выпадает...

Определим также, *КОГДА нам необходим горячий раствор как обязательное условие выполнения основной функции. Назовем этот период оперативным временем (ОВ).* Очевидно, что горячий раствор нужен нам только тогда, когда деталь находится в растворе, все остальное время раствор может быть холодным.

Теперь можно сформулировать *физическое противоречие (ФП)* более точно: раствор соли должен быть горячим только у поверхности детали и только в то время, когда деталь находится в растворе, чтобы процесс покрытия шел быстро, и раствор соли должен быть всегда холодным во всем остальном объеме, чтобы не выпал осадок.

И окончательно сформулировать *ИКР*: система должна сама обеспечить наличие высокой температуры раствора соли у поверхности детали при ее погружении в раствор и низкую температуру раствора во всем остальном объеме.

Обеспечить низкую температуру раствора во всем объеме ванны достаточно легко — раствор просто не нужно нагревать. А наличие высокой температуры у поверхности детали при ее погружении в раствор соли можно обеспечить за счет самой детали, если ее предварительно нагреть до определенной температуры...

Проведем методический анализ хода решения рассмотренных в данной главе проблем и сделаем выводы.

О необходимости сразу же определять ОФ системы и ее состав отмечалось выше, поэтому рассмотрим причины возникновения проблем.

Проблемы, которые можно решить, уже решены, и изобретателю всегда предлагают не задачу с вполне определенными данными

ми, после действий над которыми получается однозначный результат, а некую проблемную ситуацию. Эти проблемы возникают, как правило, когда мы, пользователи данной системы, не удовлетворены ее состоянием и начинаем предъявлять к системе повышенные требования, которые элементы существующей системы обеспечить уже не в состоянии. (До тех пор, пока у системы есть резервы и она в состоянии удовлетворять наши всё возрастающие требования, проблема не возникает.) Поэтому определим понятие *«проблемная ситуация»* как *неудовлетворительные для пользователя взаимоотношения между элементами системы, которые могут возникать как внутри самой системы, так и между системой и внешней средой (надсистемой).*

Эти неудовлетворительные взаимоотношения выступают для пользователя системы как «нежелательный эффект №1 (НЭ₁)». В проблеме 2 (Игла для хирургических операций), например, на разрывы тканей стали обращать внимание только тогда, когда эти разрывы начали затягивать процесс выздоровления больного. Радиостанция, прекрасно работающая в обычных условиях (проблема 3), отказалась обеспечивать радиосвязь при новых условиях (–50 °С). При попытке повысить скорость процесса покрытия детали (проблема 4) за счет повышения температуры начал выпадать неудовлетворяющий нас осадок.

Чтобы обеспечить наилучшее выполнение ОФ, для устранения НЭ₁ в систему вводится средство устранения (СУ). Бывают случаи, когда этого достаточно, чтобы разрешить проблему. Однако чаще всего СУ, устраняя НЭ₁, создает новый нежелательный эффект (НЭ₂). Опять-таки возможны ситуации, при которых НЭ₂ не беспокоит потребителя. Тогда противоречие не возникает, и исходная проблема оказывается решенной. Но чаще всего возникающий НЭ₂ не устраивает пользователя системы. Так возникает техническое противоречие (ТП) как результат наличия причинно-следственной связи между двумя конфликтующими элементами системы. Необходимость устранить ТП и создает изобретательскую задачу.

Основное правило формулирования технического противоречия: *ТП должно быть построено таким образом, чтобы вредное действие напрямую было связано (вытекало, являлось следствием) с действием полезным — основной функцией системы.* Функцию этой связи должно выполнять средство устранения.

В чем смысл этой связи? В ее свойстве: при изменении начальных условий причина становится следствием, а следствие — причиной. Теперь природа ТП видна достаточно хорошо: устраняя один недостаток, мы вызываем появление другого. И суть противоречия — как в сообщающихся сосудах: чем больше жидкости в одном, тем меньше в другом, и наоборот.

Схема ТП и связь нежелательных эффектов через средство устранения отчетливо видны на схеме (рис. 6.6).

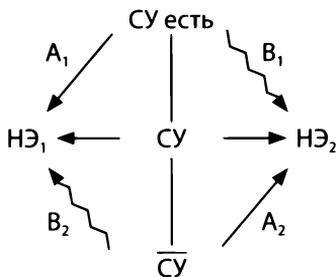


Рис. 6.6

Из схемы видно, что наличие СУ устраняет НЭ₁ (стрелка А₁ — полезное действие), но создает НЭ₂ (стрелка В₁ — вредное действие). И наоборот: отсутствие СУ ($\overline{СУ}$) устраняет НЭ₂ (стрелка А₂), но создает (или не устраняет) НЭ₁ (стрелка В₂).

Постановка технического противоречия в форме «средство устранения — нежелательный эффект» сразу же создает альтернативы (или есть НЭ₁ и нет НЭ₂, или есть НЭ₂ и нет НЭ₁) и исключает все возможные промежуточные варианты и компромиссы.

Эта взаимосвязь элементов и является сущностью технического противоречия исследуемой системы. При такой постановке проблемы отмечается все лишнее, и в системе остаются только

те два элемента, в отношениях между которыми и возникает проблема. А *отметая лишние элементы, мы тем самым сразу отмечаем* и возможные, но уже *лишние идеи решения*, с ними связанные, и остается только область, где находятся нужные идеи. А чтобы выйти в эту область, необходимо решить изобретательскую задачу.

Под *изобретательской задачей* будем понимать *проблемную ситуацию, сформулированную на основе выявленного технического противоречия* (причинно-следственной связи «Если — То — Но»), в которой необходимо, не вводя новую систему, устранить существующий нежелательный эффект.

Как же решать изобретательскую задачу? Чтобы не создавать новый нежелательный эффект H_2 , в систему для устранения H_1 вводят в качестве СУ новую систему, но — идеальную, т.е. отсутствующую! (Под идеальной мы понимаем систему, которой нет, но основная функция которой выполняется.) Это идеальное СУ, выполняя свою основную функцию, устраняет H_1 . Но, поскольку СУ все-таки отсутствует, оно не создает H_2 . А чтобы чисто психологически облегчить восприятие идеального СУ, его функцию поручают выполнять некоему условному X-элементу. В дальнейшем, чтобы X-элемент смог максимально успешно реализовать идеальный конечный результат, потребуется очень четко определить свойства, которыми он должен обладать.

Под решением изобретательской задачи будем понимать способ устранения технического противоречия, в результате которого основная функция системы выполняется наилучшим образом за счет устранения H_1 , а H_2 не возникает.

Ниже будет показано, что формулирование проблемы, ее постановка определяют весь дальнейший ход решения задачи и уровень изменений, которые необходимо будет осуществить для реализации ответа. Соответственно диапазон этих изменений колеблется от незначительных, которые можно осуществить в подсистеме так, что система их даже «не заметит», и до достаточно существенных, меняющих принцип действия всей системы.

Дальнейший анализ показывает, что в основе противоречия технического заложено противоречие физическое: противоположные физические требования к одному из элементов или параметров системы. Но чтобы сформулировать ФП, необходимо выяснить, где возникает конфликт и когда он протекает.

Мы уже договорились называть зону, в которой возникает конфликт, оперативной зоной (ОЗ), а общее время, которое необходимо рассматривать и учитывать при поиске решения проблемы, — оперативным временем (ОВ).

Оперативная зона и оперативное время — важнейшие элементы анализа проблемы, и для их определения требуется очень ясное представление о физической сущности процессов, протекающих в системе и создающих проблему. В проблеме о хирургической игле, например, ОЗ — это зона, в которой ушко иглы со сдвоенной нитью проходит через сшиваемые ткани; а ОВ — это время прохождения ушка через ткани. В проблеме о температуре химического раствора ОЗ — это зона контакта поверхности детали с раствором, а ОВ — это время протекания процесса покрытия. Более детально эти элементы будут рассмотрены ниже, на примерах поиска решения других проблем.

После того, как точно локализовано место конфликта и определено время его протекания, можно четко формулировать физическое противоречие. Формула ФП должна быть построена так, чтобы одно состояние (или один параметр) системы устраняли тот нежелательный эффект НЭ₁, который мешает системе выполнять свою основную функцию наилучшим образом, а второе состояние (или второй параметр) обеспечивало условие, при котором не будет возникать нежелательный эффект НЭ₂. Вспомните, например, проблемы 3 и 4:

— термостат должен быть, чтобы радиостанция не замерзала (устраняется НЭ₁) и тем самым обеспечивалась устойчивая радиосвязь (основная функция системы), и термостата быть не должно, чтобы не приходилось носить лишний вес (чтобы не возникал НЭ₂);

— раствор соли должен быть всегда холодным во всем объеме ванны, чтобы соль не выпадала в осадок (чтобы не возникал $HЭ_1$), и раствор соли должен быть горячим только у поверхности детали и только в то время, когда деталь находится в растворе, чтобы процесс покрытия шел быстро (устраняется $HЭ_2$).

В кратчайшем варианте ФП формулируется так: *состояние ABC должно быть*, чтобы выполнялась ОФ, *и состояния ABC не должно быть*, чтобы не возникал нежелательный эффект.

Затем формулируется идеальный конечный результат (ИКР): система должна сама обеспечить возможность существования необходимых физически противоречивых состояний.

Для этого определяем свойства, при которых получается ИКР, и пытаемся обеспечить наличие этих свойств за счет существующих элементов системы.

Еще раз посмотрим цепочку шагов, из которых состоит *алгоритм решения проблемной ситуации*:

ситуация → *основная функция ОФ* → *состав системы* → *существующий нежелательный эффект $HЭ_1$* → *средство устранения СУ* → *новый нежелательный эффект $HЭ_2$* → *формулирование технического противоречия ТП* → *постановка изобретательской задачи ИЗ* → *выявление оперативной зоны ОЗ* → *определение оперативного времени ОВ* → *формулирование физического противоречия ФП* → *формулирование идеального конечного результата ИКР* → *определение свойств, способных обеспечить ИКР* → *поиск нужных свойств внутри системы* → *реализация необходимых свойств собственными или дополнительными ресурсами*.

И в завершение проверим, насколько идеальны полученные нами решения с точки зрения понятия «идеальная система». По проблеме 1 (Лампа Бабакина) — колбы нет, а функция колбы — защитить нить от соприкосновения с кислородом — выполняется! По проблеме 2 (Игла для хирургических операций) — иглы нет, а функции иглы — прокалывать отверстия и протягивать нить — выполняются! По проблеме 3 (Радиостанция для альпинистов) — термостата нет, а функция термостата — обеспечить схемы теплом — выполняется! То же в проблеме 4 (О температуре химиче-

ского раствора): раствор холодный и осадка нет, а скорость покрытия высокая!

Здесь нужно сразу отметить, что эти идеальные решения достигнуты разной ценой. Если в проблеме с лампой цена решения более чем нулевая (есть еще и экономия, так как не нужно делать колбу!), а в проблеме с химическим раствором нагрев раствора заменяется нагревом детали, что тоже дает значительную экономию, то для реализации решения задач об игле и радиостанции нужно менять технологию их изготовления. Выше уже отмечалось, что упрощение системы для пользователя оборачивается усложнением надсистемы: нужно создавать специальный состав, придающий нити свойства иглы, а радиосхему нужно выполнять на специальном материале, который не будет ломаться в кармане.

Чисто идеальные решения получаются чрезвычайно редко, чаще всего между идеалом и реальным решением остается некоторое расстояние... И тем не менее надо стремиться максимально приблизиться к идеалу, ведь без стремления нет достижения!

Последовательность мыслительных операций — «шагов» — по анализу проблемной ситуации с целью выявления и устранения противоречий, создающих проблему, и получения идеального конечного результата составляет Алгоритм решения проблемной ситуации (АРПС)⁷.

Основной базой для создания АРПС был и остается АРИЗ-85В Г. С. Альтшуллера (алгоритм решения изобретательских задач, модель «В» 1985 г.)⁸. Однако практическая работа с алгоритмом показала, что ряд шагов частей 1–3, основных рабочих частей АРИЗ-85В, нуждается в дальнейшем уточнении и переработке. Так, шаги 1–2 АРПС разработаны М. И. Мееровичем в 1988 г. на основе работы В. А. Королева «Первая часть». Шаги 3–10 были проработаны авторами в 1990–1995 гг. и проходили «испытание на работоспособность» на целой серии семинаров в течение десяти

⁷ — Схему АРПС см. Приложение №1

⁸ — Полный текст АРИЗ-85В опубликован, например, в книге: Г.С.Альтшуллер. Найти идею. Восточно-Сибирское издательство. Новосибирск. 1989г.

лет. Без всяких изменений остались остальные шесть частей АРИЗ-85В (с 4 по 9), которые используются при решении сложных технических проблем и поэтому в данном пособии не рассматриваются.

Название алгоритма на АРПС изменено в связи с тем, что разработка АРИЗ долгое время велась лично Г. С. Альтшуллером, и по его просьбе все новые редакции АРИЗ, в которые вносятся изменения другими разработчиками, должны носить другое обозначение.

Глава 7.

К идеальному конечному результату: поиск ресурсов внутри системы

Для поиска наиболее оптимального варианта решения необходим тщательный анализ условий задачи, так как выбор направления решения происходит уже при ее формулировании. Вводится понятие о минимальной и максимальной задачах, показаны пути поиска идеального конечного результата при решении минимальной задачи — стремление находить ресурсы внутри самой системы, и способы поиска таких ресурсов.

Чтобы успешно решать технические проблемы с помощью ТРИЗ, нужно выработать особый стиль мышления — ТРИЗный: представлять себе объект в прошлом и в будущем, расчленять его на части и определять, частью чего он сам является, уменьшать его размеры до нуля и увеличивать до бесконечности, заставлять его одновременно «быть и не быть», видеть «антиобъект», т.е. объект с противоположными свойствами, и многое другое.

Для этого нужен труд. Мышление среднего взрослого человека бывает порой сформированным привычными стереотипа-

ми до такой степени, что сломать их рамки и втиснуть в них ТРИЗное мышление уже невозможно. По мнению специалистов-психологов, формировать такое мышление лучше всего до 15 лет. А еще лучше — до 11. И начинать пораньше, прямо с детского сада...

В предыдущей главе на примере анализа проблемных ситуаций и поиска идеального конечного результата при решении четырех задач была обоснована и построена цепочка шагов алгоритма решения проблемных ситуаций (АРПС). В этой и последующих главах на примерах решения целого ряда учебных задач будут разобраны возможности алгоритма, наиболее типичные затруднения, с которыми приходится сталкиваться при его использовании, и методы их преодоления.

Учебные задачи, которые здесь предлагаются, — это в недавнем прошлом реальные производственные проблемы достаточно высокого уровня. Над большинством из них в поисках решения, перебирая методом проб и ошибок вариант за вариантом, в ожидании «озарения» порой годами бились многие талантливые изобретатели. А пути к «озарению» неисповедимы: ни один из них после того, как найдено решение, был не в состоянии проследить от начала до конца ход своей мысли. В лучшем случае они выдавали желаемое за действительное... Так что при решении новой задачи использовать опыт мыслительных действий практически не удавалось.

Алгоритм — это инструмент для анализа и поиска решения проблем. Но инструмент очень своеобразный. Его цель — заменить суету мыслей изобретателя на четкую по структуре и однозначную по результативности цепочку мыслительных операций, выводящую в зону сильных вариантов решения. Сильных для учебных задач — значит, не хуже, чем предложенных изобретателем, а порой и лучше. АРИЗ (и на его базе АРПС) — это первая в мировой практике действенная методика решения изобретательских задач, построенная на основе объективных законов. Инструмент очень сложный: осваивая его, приходится ломать многие привычные представления о том, что может быть, а чего быть не может. Кроме то-

го, это инструмент «с обратной связью»: не только вы поработаете с ним, но и он поработает с вами.

И если только хватит у вас характера перейти с ним на «ты», то обязательно наступит день и миг, когда вы, подобно одному великому поэту, дописавшему гениальную поэму, выскочите из-за стола и, потирая руки, с восторгом воскликнете: «Ай да Пушкин! Ай да сукин сын!». Что может быть сильнее наслаждения от победы Разума!

Так что не откладывайте в сторону книгу, увидев очередную проблему с «металлургическим уклоном». Она вам вполне по силам. Вот только лень-матушка родилась раньше нас... Но тогда не завидуйте тем, кто очень скоро вас обойдет. Повезло... Удалось... В любом деле победа, или миг удачи, достается только тем, кто долго и упорно готовился этот миг ухватить. И тогда те счастливые мгновения торжества разума, которые сегодня доступны только «творцам», станут достоянием и нормой вашей жизни. Включайтесь! Цель того стоит!

Проблема 1. Мешалка для расплава стали

Один из способов получения стали — варить ее в конверторе (большом ковше). В конце процесса плавки, чтобы получить расплав стали однородного состава и вывести на поверхность шлак (его температура плавления порядка 1000 °С, удельный вес — примерно в три раза меньше веса расплавленной стали), в жидкую сталь с температурой 1600 °С опускают мешалку — длинный толстый стальной стержень — и перемешивают ее (рис. 7.1). К сожалению, в процессе работы мешалка под действием теплового поля расплава быстро нагревается, размягчается и при температуре 1100 °С теряет свою прочность и перестает перемешивать расплав. Приходится часто менять мешалки, что усложняет работу и обходится дорого. Пробовали охлаждать мешалку, например, водой,

но это оказалось слишком сложно и опасно: попадание воды в расплав стали приводит к взрыву. Решили изготовить мешалку из жаростойких металлов (вольфрама, молибдена и т.п.), но расчеты показали, что такая мешалка будет стоить слишком дорого. Как быть?

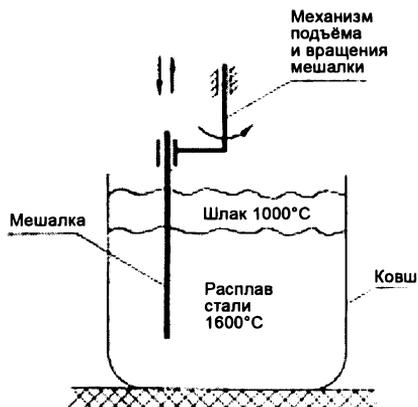


Рис. 7.1

Для решения задачи используем АРПС (см. Приложение 1).

Прежде всего определим основную функцию системы. Эта система создана для получения однородного состава расплавленной стали путем его механического перемешивания. Проанализируем ситуацию по шагам.

Шаг 1. Техническая система для получения однородного состава расплавленной стали путем ее механического перемешивания состоит из ковша, в котором варится сталь, расплава стали, шлака, мешалки и механизма, который держит мешалку, опускает ее в расплав и там перемещает. В процессе перемешивания в результате контакта мешалки с расплавом с температурой 1600 °С возникает нежелательный эффект (НЭ₁) — нагрев и разрушение мешалки. Чтобы мешалка не разрушалась, можно использовать различные средства устранения (СУ). Рассмотрим эти средства и их возможные последствия — новые нежелательные эффекты (НЭ₂).

Возможные средства устранения:

$SУ_1$ — убрать мешалку вообще. При этом возникает $HЭ_2$ — не будет перемешивания, т.е. не будет выполняться основная функция, что недопустимо. Следовательно, нужно будет изменить принцип действия системы — вводить другой способ перемешивания, например электромагнитным полем. (Иногда предлагают вращать ковш вокруг мешалки...)

$SУ_2$ — устранить перегрев мешалки. Сделать это можно, если ввести устройство для охлаждения, например, водой. $HЭ_2$ — сложность и опасность взрыва.

$SУ_3$ — изготовить мешалку из жаростойких сталей. Тогда возникающий $HЭ_2$ — высокая стоимость новой мешалки.

Анализ средств устранения ($SУ_1$, $SУ_2$ и $SУ_3$) и возникающих при этом новых нежелательных эффектов показывает, что решение проблемы может производиться в двух направлениях. При выборе $SУ_1$ необходимо будет изменять принцип действия системы, или, как принято говорить, решать максимальную задачу. При выборе $SУ_2$ или $SУ_3$ принцип действия системы (перемешивание мешалкой) остается неизменным. В этом случае говорят о необходимости решать минимальную, или мини-задачу: вся система остается без изменений, а вредное качество ($HЭ_1$) должно исчезнуть.

Вопрос о том, какую задачу и при каких начальных условиях решать, будет рассмотрен во второй части книги. Пока же отметим, что решение мини-задачи связано, как правило, с изменением значительно меньшего числа элементов, входящих в систему, и поэтому всегда предпочтительнее начинать с нее.

Рассмотрим вариант для $SУ_3$ — замены мешалки из обычной стали на жаростойкую. $HЭ_2$ здесь — недопустимо высокая стоимость. Составим схему задачи.

ОФ — получение однородного состава расплава стали.

ПД — механическое перемешивание мешалкой.

Состав системы — расплав стали, ковш, шлак, мешалка, механизм управления мешалкой.

$HЭ_1$ — расплавление обычной мешалки.

$SУ$ — использование жаростойкой мешалки.

$H\bar{Э}_2$ — высокая стоимость.

Рассмотрим варианты технических противоречий в их крайних состояниях:

$ТП_1: \quad C\bar{У} \rightarrow \overline{H\bar{Э}_1} \rightarrow H\bar{Э}_2.$

Если использовать жаростойкую мешалку, то она не расплавится, но будет стоить очень дорого.

$ТП_2: \quad \overline{C\bar{У}} \rightarrow \overline{H\bar{Э}_2} \rightarrow H\bar{Э}_1.$

Если же жаростойкую мешалку не применять, то высокая стоимость не создается, но сохраняется расплавляемость обычной мешалки.

Шаг 2. Формулируем изобретательскую задачу. Решать, как мы уже отмечали выше, предпочтительнее мини-задачу. Для ее постановки используем понятие «идеальная система», т.е. такая система, которой нет, но функция которой выполняется. Нам необходима «идеальная жаростойкая мешалка», т.е. такая мешалка, которая ничего не стоит, так как ее нет, но основное свойство которой — не расплавляться при температуре даже в 2000 °С — сохраняется и переносится на обычную мешалку.

Постановка изобретательской задачи:

$\overline{C\bar{У}} \rightarrow \overline{H\bar{Э}_2} + \overline{H\bar{Э}_1}.$

Не вводя жаростойкую мешалку и тем самым не создавая ее высокой стоимости, устранить расплавляемость обычной мешалки.

Шаг 3. Определяем оперативную зону (ОЗ), или зону конфликта. В состав ОЗ обязательно должны войти объект, который подвергается вредному воздействию, и объект, который воздействует.

Нагрев мешалки и ее расплавление происходят в процессе перемешивания при контакте поверхности мешалки с расплавом стали. Здесь, в зоне контакта поверхности мешалки с расплавом, и возникает конфликт. Очевидно, что если нам удастся каким-то образом предохранить от нагрева свыше 1100 °С этот поверхностный слой, то более глубокие слои мешалки тем более не нагреются, и задача будет решена.

Шаг 4. Определяем оперативное время (ОВ). В данной задаче это время T_3 выполнения основной функции — перемешивания жидкой стали. Время T_3 состоит из времени T_2 нагрева мешалки до

критической температуры $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и конфликтного времени T_1 , в период которого мешалка будет нагреваться выше этой температуры. Цель решения — не допустить возникновения T_1 , свести его к нулю.

Шаг 5. Физическое противоречие на макроуровне (М-ФП): поверхность мешалки, контактирующая с расплавленной сталью, должна иметь температуру не выше $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ («быть холодной»), чтобы не терять способности перемешивать расплавленную сталь, и должна иметь температуру $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ («быть горячей»), так как она все время контактирует с расплавленной сталью.

Шаг 6. Физическое противоречие на микроуровне (μ-ФП): между поверхностью мешалки и расплавом стали должны находиться частицы вещества, которые подвергаются воздействию температуры в $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$, но не нагреваются свыше $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР): техническая система должна сама обеспечивать между поверхностью мешалки и расплавленной сталью наличие частиц, которые подвергаются воздействию температуры в $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$, но не нагреваются свыше $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Шаг 8. Сформулируем условия, которым должны удовлетворять частицы, чтобы обеспечивались необходимые по шагу 7 противоположные состояния:

а) находиться между поверхностью мешалки и расплавленной сталью (разделить их);

б) быть под воздействием температуры в $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при этом не пропускать к поверхности мешалки температуру свыше $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Какие же свойства частиц могут обеспечить эти условия? Чтобы реализовать первое требование, частицы должны быть или подвижными и все время перемешаться вокруг движущейся мешалки, или, наоборот, обладать способностью крепко цепляться за поверхность мешалки, чтобы разделять контактирующие в зоне конфликта поверхности.

Для реализации второго условия частицы, нагревшись до $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, должны либо отдавать кому-то тепло, либо покидать зону

конфликта, чтобы не было теплопередачи от расплавленной стали к поверхности мешалки.

Шаг 9. Выше уже отмечалось, что идеальное решение должна обеспечить сама система. Проанализируем состав системы (см. шаг 1) и посмотрим, нет ли в ее составе элементов, обеспечивающих сформулированные на шаге 8 свойства.

Какие здесь могут быть варианты? Задача фактически свелась к поиску вещества внутри системы, которое должно обладать вполне конкретными физическими свойствами: нагреваясь от источника высокой температуры, сохранять собственную температуру на более низком и вполне определенном уровне. Из курса физики известно, что подобными свойствами обладают вещества с кристаллической решеткой в момент изменения своего агрегатного состояния. Например, температура льда не может быть выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, и в обычных условиях температура воды, которая образуется при таянии льда, никогда не будет выше этого значения, пока не растает весь лед. Аналогичный процесс происходит при кипении воды в открытом сосуде — на самой раскаленной плите температура воды не поднимется выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Имеется ли в данной системе вещество, температура которого не могла бы превышать $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$? Да, такое вещество имеется, это **твердый** шлак. Он плавится при температуре $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, переходит в жидкое состояние и всплывает, так как значительно легче расплава стали. Следовательно, если покрыть мешалку слоем твердого шлака, то до тех пор, пока этот слой не расплавится полностью, температура поверхности мешалки не будет превышать $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Возникает новая задача: как покрыть мешалку слоем твердого шлака? Ведь в системе имеется только жидкий шлак, да и то в основном на поверхности расплава. Возможны, вероятно, два варианта: или остужать шлак и каким-то образом, загоняя его в расплав, обмазывать им мешалку, или, наоборот, поднимать мешалку над слоем шлака, что позволяет делать механизм ее вращения. Второй вариант явно предпочтительнее, так как при этом слой твердого шлака налипает на поверхность мешалки САМ, как только мешалку начинают протаскивать через слой шлака. Затем ме-

шалку опускают в расплав и перемешивают до тех пор, пока весь твердый слой не расплавится и не всплывет на поверхность расплава. После этого операцию покрытия мешалки слоем твердого шлака повторяют.

В предыдущей главе отмечалось, что достичь идеального конечного результата удастся чрезвычайно редко, примерно в одной задаче из тысячи. Во всех остальных случаях приходится дополнительно что-то вводить, усложняя либо саму систему, либо надсистему. Но сама нацеленность шагов АРПС на ИКР позволяет получить результат, максимально близкий к идеальному.

Вот еще одна проблема, не техническая — проблема бизнеса, решить которую практически идеально удалось только потому, что на эту идеальность ориентировались.

Проблема 2. «Идеальная прачечная»

Проблема под таким очень смешным названием возникла в самом конце XX в. на курсах будущих предпринимателей, на которых один из авторов этого пособия читал лекции по курсу «Проектный менеджмент» (более конкретно предмет назывался «Методы анализа проблемных ситуаций и поиска их наиболее эффективных решений»). Суть проблемы заключалась в следующем: группа недавно демобилизованных молодых офицеров искала для себя подходящую сферу бизнеса. В период службы у одного из них, связанного с хозяйственной деятельностью, периодически возникали проблемы со стиркой белья для солдат. Проведя небольшой маркетинговый анализ, они обнаружили, что «ниша» еще не заполнена: старые прачечные уже не работают, а новых пока маловато. Возникла бизнес-идея — создать прачечную. Но в процессе работы над бизнес-планом выяснилось, что средств на приобретение машин, аренду помещения, оплату коммунальных услуг и прочих расходов у них было явно недостаточно... Лизинга тогда еще не существовало, брать кредит они боялись...

На одной из последних лекций преподаватель предложил на примере модели создания какого-то реального производства проанализировать этот процесс и поискать варианты с минимальными затратами. «Это может быть вполне конкретная идея кого-то из вас», — добавил он. Тут-то товарищи бывшие офицеры и выложили идею прачечной...

Для решения этой проблемы используем АРПС (см. Приложение).

Шаг 1. Бизнес-идея «Прачечная» как техническая система для стирки белья состоит из пункта приема и выдачи белья и помещения для машин, оборудованного инженерными коммуникациями (вода, канализация, электричество и т.д.). При разработке этой бизнес-идеи выяснилось, что средств на закупку оборудования, аренду помещения и пр. не хватает. Как быть?

Выше уже упоминалось, что проблемы возникают тогда, когда ситуацию либо нельзя решить известными стандартными методами, либо применение этих методов приводит к появлению последствий, которые нас, пользователей данной системы, не устраивают. Одним из таких стандартных методов при недостатке средств был бы кредит, но при существующих порядках в стране этот вариант был очень рискованным...

Особенность ТРИЗ как методики поиска решения проблем, которая как раз и позволяет формировать творческий стиль мышления, заключается в умении предложить сильные и нетрадиционные варианты решений, которые обычное мышление сразу психологически исключает. Один из этих вариантов — отказаться от действия или объекта, который вызывает нежелательный эффект. Для данной проблемы — не создавать прачечную. Но тогда нет бизнес-идеи и негде стирать белье...

Схема задачи:

ОФ — создать свой бизнес.

ПД — закупить стиральные машины и арендовать помещение с инженерными коммуникациями для прачечной.

Состав системы — пункт приема и выдачи белья, стиральные машины, оборудованное помещение, бизнесмены.

$H\bar{A}_1$ — нет средств на закупку стиральных машин и аренду оборудованного помещения.

SU — отказаться от создания прачечной.

$H\bar{A}_2$ — нет своего бизнеса...

Рассмотрим варианты технических противоречий в их крайних состояниях:

$TP_1: SU \rightarrow \overline{H\bar{A}_1} \rightarrow H\bar{A}_2.$

Если отказаться от создания прачечной, то средства для закупки оборудования и аренды помещения не будут нужны, но не будет и бизнеса.

$TP_2: \overline{SU} \rightarrow \overline{H\bar{A}_2} \rightarrow H\bar{A}_1.$

Если же от создания прачечной не отказываться, то свой бизнес появляется, но для его создания нет средств.

Решать будем, как и в предыдущих случаях, минимальную задачу: все остается без изменений, а вредное качество (необходимость иметь средства на закупку машин и аренду помещения) устраняется.

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$\overline{SU} \rightarrow \overline{H\bar{A}_2} + \overline{H\bar{A}_1}.$

Не отказываясь от идеи создать прачечную и тем самым иметь свой бизнес, устранить необходимость иметь средства на закупку и аренду.

Считаем необходимым отметить, что шаг 2 чрезвычайно важен и методически, и психологически. Именно на этом этапе решения задачи мы вводим *отсутствующий* элемент ради того его свойства, которое устраняет существующий нежелательный эффект. И *вводим* мы его, *не вводя*, — как отсутствующий, в соответствии с постановкой мини-задачи, т.е. не усложняя систему и не вызывая тем самым новых вредных явлений!

Отсутствующий элемент — это идеальный объект: его нет, а его функция по устранению $H\bar{A}_1$ осуществляется!

Умение работать со свойствами отсутствующих объектов приходит не сразу, поэтому так важна, особенно на первых этапах обучения, подробная и скрупулезная запись поиска решения проблемы.

Шаг 3. Определяем оперативную зону (ОЗ) — зону, в которой происходит конфликт. Как видно из описанной ситуации, конфликт возникает из-за необходимости иметь оборудованное помещение с машинами для стирки белья (деньги нужны для этого!).

Шаг 4. Определяем оперативное время — ОВ. Как видно из условия, время выполнения основной функции T_3 состоит из двух частей: времени работы с клиентами T_2 (прием и выдача белья), и конфликтного времени T_1 — времени стирки белья в машинах.

$$T = T_3 = T_2 + T_1.$$

Шаг 5. Физическое противоречие на макроуровне (М-ФП): во время стирки белья оборудованное помещение со стиральными машинами *должно быть*, чтобы бизнесмены имели свой бизнес, и оборудованного помещения со стиральными машинами *быть не должно*, чтобы не закупать их и не платить арендной платы.

Шаг 6. Физическое противоречие на микроуровне (μ-ФП): между оборудованным помещением со стиральными машинами и бизнесменами должны появиться частицы вещества, обеспечивающие наличие такого помещения со стиральными машинами и исключающие необходимость их закупать и арендовать для этого помещение.

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР): бизнес-идея «Прачечная» должна сама обладать частицами вещества, обеспечивающими наличие такого помещения со стиральными машинами и исключающими необходимость их закупать и арендовать для этого помещение.

Выше уже отмечалось, что идеальное решение должна по возможности обеспечить сама система. Проанализируем ее состав (шаг 1) и посмотрим, нет ли в нем элементов, которые могли бы реализовать ИКР.

Такие элементы есть. Это сами офицеры-бизнесмены. Точнее — их *квартиры*, в которых есть *стиральные машины и все необходимые коммуникации*, и их *жены*. Осталось оборудовать пункт приемки-выдачи белья...

Глава 8.

Через системную логику — к воображению

Важнейший «соавтор» творческого мышления — воображение — позволяет заменить фактические объекты и процессы их мысленными моделями. Эффективная работа воображения, направленная на генерацию новых идей, также, как и мышление, подчиняется некоторым закономерностям и поэтому может быть осознанной, а следовательно, управляемой. Для формирования управляемого воображения также необходимы упражнения, выполняемые по определенным правилам-алгоритмам. В этой главе предлагается система разнообразных упражнений на развитие наглядно-образного и вербального воображения, приводятся правила и примеры их выполнения.

Способность человека ориентироваться в окружающем мире связана с пониманием информации, а не с ее формальным усвоением. Поэтому, в соответствии с одним из основных принципов педагогической психологии, *усвоение информации учащимся и развитие его мыслительных действий должны быть взаимосвязаны.*

Чтобы понять любой объясняемый материал, учащиеся должны самостоятельно совершать такие логические операции, в которых элементы получаемой информации представляют собой систему — они соотносятся и связываются друг с другом. Отсюда вытекает первое требование к учебному процессу: он должен быть построен так, чтобы знания усваивались через процесс мыследеятельности.

Другое требование, которое предъявляется в настоящее время к целям обучения, — *умение воспринимать изучаемый предмет* не в застывшем виде, а *в развитии, во взаимосвязи с другими предметами*.

Поэтому важнейшей целью современного учебного процесса считается *переход от преимущественно нерелексивного к осознанному овладению и владению рядом умственных операций, которые составляют мыслительный процесс* и многие из которых чаще всего не осознаются. Эти операции надо выявить и специально им обучать, что не менее необходимо, подчеркивают психологи, чем обучение самим правилам выполнения заданий. Без овладения операционной стороной мышления знание правил сплошь и рядом оказывается бесполезным, ибо ученик их не в состоянии применять (Ильясов И.И., 1992).

В психологической литературе описано большое количество логических упражнений на основе вербального материала, применяемых для развития мышления и воображения учащихся. Чаще всего такие упражнения используются как дополнительные к основной учебной программе. Рекомендуемая форма занятий — групповой интеллектуальный тренинг, эффективность которого обеспечивается за счет взаимного обмена и обогащения участников идеями, мнениями, взглядами и мыслями. Однако предлагаемые упражнения обладают одним существенным недостатком — правила организации мыслительного процесса для получения идей в них отсутствуют, поэтому в ходе тренинга происходит усвоение только **внешних** результатов мышления. Из тренинга, таким образом, выпадает его наиболее важный компонент — осознание самого процесса мыследеятельности, т.е. процесс получения результата и методы его достижения происходят без осознания механизмов их получения, без знания о том, **КАК** можно получить результат.

С методической точки зрения есть разница в том, происходит ли познание объекта как беспорядочное перечисление и описание его отдельных свойств, или же объект познается как система.

Практика работы с упражнениями, приведенными ниже, показала, что в качестве инструментов, с помощью которых можно научиться эффективно выполнять подобные задания, полезно использовать такие понятия, как функция, система, подсистема и надсистема, связь между элементами, структура. Эти понятия, в отличие от понятия «объект» (предмет), сразу нацеливают нас на восприятие всей совокупности взаимосвязей между частями, составляющими объект, и отношения его самого с внешней средой. В дальнейшем, рассматривая какой-либо объект, будем рассматривать его только как систему.

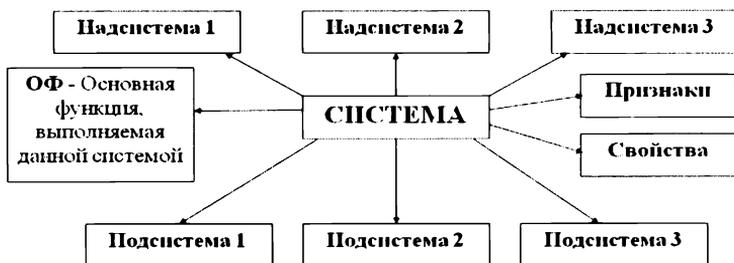


Рис. 8.1. Визуальная схема понятия «искусственная система»

Применение функционально-системного подхода при анализе объектов и явлений позволяет нам выработать их объемное видение и нацеливает на восприятие всей совокупности взаимосвязей, существующих как между отдельными элементами внутри системы, так и между системой и внешней средой. Способность видеть эти взаимосвязи и учитывать их значимость при анализе — важнейшая функция воображения, которая позволяет моделировать самые различные системы и процессы — технологические, организационные, экономические, социальные, экологические...

Функционально-системный подход позволяет удовлетворить и требование, предъявляемое в настоящее время к целям обучения:

умение воспринимать изучаемый объект не в застывшем виде, а в развитии, во взаимосвязи с другими объектами. Предлагаемые ниже упражнения, предназначенные прежде всего для развития мыслительных операций и воображения, можно использовать и в практической деятельности как модели, которые способствуют реализации данной цели, и применять в переложении к своему объекту.

Рассмотрим *возможности применения функционально-системного подхода для осознания процесса получения результата и методов его достижения при выполнении развивающих упражнений*. Этот подход позволяет разработать достаточно четкие правила выполнения упражнений в форме «нежесткого» алгоритма. Продемонстрируем эти возможности на примерах. Для их выполнения предлагается

Алгоритм выполнения логических упражнений

Выпишите в столбик для каждого объекта:

- основную функцию системы;
- признаки (существенные и несущественные) данного объекта;
- подсистемы (если они есть);
- другие функции, которые может выполнять этот объект, используя свои признаки и подсистемы;
- возможные надсистемы.

В игровом варианте берутся любые слова. При использовании этих упражнений в учебных целях берут термины изучаемого предмета.

8.1. Поиск общих признаков

- Чем ворон похож на конторку? – спросил Болванщик, помолчав.

Возьмите два объекта, далеко отстоящие друг от друга на смысловой оси. Найдите для этих объектов как можно больше общих признаков.

Пример 1: Мост и скрипка

Объект	Мост	Скрипка
<i>Основная функция</i>	Сооружение для соединения частей, разделенных преградой (вода, пропасть и др.)	Смычковый четырехструнный музыкальный инструмент высокого регистра
<p>Мост соединяет берега, скрипка соединяет людей (слушателей). По струнам ходит смычок, по мосту ходят люди и машины. И мост, и скрипка обычно требуют качественного изготовления и долго служат людям. Когда по мосту ходят люди, он вибрирует и издает звуки; когда по струнам ходит смычок, они тоже вибрируют и издадут звуки.</p>		
<i>Подсистемы объектов</i>	Опоры (сваи, троса), пролеты, перила, настил	Корпус, дека, струны, краска, лак
<p>В качестве строительного материала используется дерево. Чтобы работал подвесной мост, надо натягивать тросы. Чтобы скрипка играла, надо натянуть струны. В названиях обоих объектов («мост» и «скрипка») есть буква «С». И мост, и скрипка, чтобы они дольше служили и не портились, имеют защитный слой — краску и лак. И мост, и скрипка при работе опираются минимум на две точки.</p>		
<i>Надсистемы объектов</i>	Строительные сооружения	Музыкальные инструменты
<p>Хороший мост и хорошая скрипка — памятники: архитектуры и искусства. Италия и Венеция — страны, знаменитые своими мостами, скрипичными мастерами и скрипачами</p>		

Общие признаки объектов

И у моста, и у скрипки длина значительно больше ширины.

И мост, и скрипка обычно изогнуты вверх.

Хороший мост и хорошая скрипка имеют сложные геометрические формы.

Использование в переносном смысле

И мост, и скрипка прокладывают путь к сердцам.

Архитектура — застывшая музыка.

И мост, и скрипка могут определять специфическую деятельность человека: «наводить мосты» — быть посредником; «играть роль первой скрипки» — быть ответственным исполнителем.

Пример 2: Лапша и бульдозер⁹

Объект	Лапша	Бульдозер
<i>Основная функция</i>	Продукт питания, полуфабрикат	Машина для перемещения грунта
Выполнение основной функции связано с нагревом		
<i>Подсистемы объектов</i>	Мука, вода, соль в виде узких тонких полосок теста	Двигатель, кабина, нож, гусеницы, гидронасос и т.д.
<p>И лапша, и бульдозер связаны с землей: лапша делается из теста, тесто — из муки, мука — из зерен, зерна — из колосков, колоски прорастают из земли. Бульдозер сделан из железа, железо добывается в недрах земли.</p> <p>В обоих словах нечетное число букв.</p> <p>В обоих словах есть буква «Л».</p> <p>В каждом слове есть один открытый слог</p>		
<i>Надсистемы объектов</i>	Суп, кухня, столовая, демагогия	Комплекс строительных машин; средство передвижения; сырье для металлолома

Общие признаки объектов

Когда лапша кипит в кастрюле, она движется. Когда бульдозер работает, он тоже перемещается.

⁹ Поиск общих признаков между «лапшой» и «бульдозером» провели ученики десятого класса лицея № 208 г. Киева.

Если лапшу сильно нагреть и переварить, она разварится и слипнется в один комок. Если сильно нагреть бульдозер, он тоже расплавится и слипнется в один комок.

При длительном воздействии воды изменяют свой цвет и способность выполнять основную функцию.

Лапшу можно скрутить, как гусеницу бульдозера.

Поработав на бульдозере, строитель идет кушать лапшу.

Использование в переносном смысле

Вешать лапшу на уши. Гребет, как бульдозер.

И лапша, и бульдозер пагубно влияют на слух.

Лапша, активно навешиваемая правительством на уши народа, столь же разрушительно действует на его настроение, как и шум работающего бульдозера.

Выполнение этого упражнения способствует более глубокому пониманию объектов, учит находить взаимосвязи между ними. Работа по алгоритму, как показала практика его применения на занятиях, значительно повышает количество и качество вариантов при выполнении упражнений. Но основной эффект — обучаемость навыкам системного анализа.

8.2. «Третий — лишний»

Завидев Алису, чаевники закричали:

— Занято! Занято! Мест нет!

— Как это нет?! —

возмутилась Алиса и уселась...

Это упражнение является продолжением предыдущего, но в более сложном варианте. Возьмите три объекта, далеко отстоящих друг от друга на смысловой оси. Найдите в первом и втором объектах такие общие признаки, которых нет в третьем — лишнем — объекте.

Затем объедините в пару второй и третий объекты и поищите для них такие общие признаки, которых нет в первом объекте. И в третий раз объедините первый и третий объекты, противопоставив им второй. Для целенаправленной работы рекомендуем использовать вышеуказанный алгоритм.

Пример

Объекты

1. Чашка. 2. Линейка. 3. Замок (висячий).

Функции объектов и их признаки

1. Небольшой сосуд округлой формы для питья с ручкой.

2. Длинная прямая тонкая размеченная планка для измерения и вычерчивания прямых линий.

3. Объемное металлическое устройство для запирания чего-нибудь ключом.

Подсистемы

1. Сосуд и ручка. 2. Планка, штрихи разметки. 3. Дужка, корпус, механизм.

Дополнительные функции, которые могут выполнять эти объекты

1. Использование определенного объема как меры измерения и хранения чего-нибудь; крышка (в перевернутом состоянии); шлем для куклы; приспособление для вычерчивания окружностей.

2. Указка, мешалка.

3. Груз, молоток.

Возможные надсистемы

1. Посуда — чайная, кофейная.

2. Измерительные приборы, чертежные принадлежности.

3. Охранные системы.

Общие признаки для чашки и линейки, отсутствующие у замка

— могут быть мерой при измерениях;

— могут быть инструментом для черчения;

— чашка и линейка — женского рода, заканчиваются на «ка»;

— обычно располагаются на горизонтальной плоскости.

Общие признаки для чашки и замка, отсутствующие у линейки

— имеют большой объем, а линейка тонкая и плоская;

- состоят из частей;
- при использовании их берут за ручку;
- вторая буква в этих словах — «а».

Общие признаки для замка и линейки, отсутствующие у чашки

- имеют плоские поверхности;
- и замок, и линейка боятся жидкости;
- и замком, и линейкой можно забить гвоздик.

8.3. Поиск аналогов

- От укуса кукусят, –
продолжала Алиса задумчиво, –
от горчицы огорчаются, от лука лукавят,
от вина винятся, а от сдобы добреют.

Называется какой-либо предмет или явление. Необходимо написать как можно больше его аналогов, т.е. других предметов или явлений, сходных с ним по различным существенным признакам.

Пример: чемодан

Аналогии по функциям

Выпишите функцию предмета и укажите другие предметы, которые выполняют подобную функцию в природе, в технике, в быту.

Чемодан предназначен для ручной перевозки вещей. Эту же функцию могут выполнять мешки, сумки, портфели, рюкзаки, карманы, защечные мешки у хомяка, иголки у ежика и т.д.

Аналогии по признакам

Выпишите признаки заданного предмета и затем против каждого признака укажите предметы, в которых эти признаки встречаются.

Признаки чемодана: прямоугольный, объемный, стенки из тонкого материала и др.

Прямоугольный. Сходный признак имеют: стена, тетрадь, стол, экран телевизора и т.д.

Объемный. Сходный признак имеют: кирпич, дом, кастрюля, шкаф и т.д.

Аналогии по подсистемам

Выпишите в столбик возможные подсистемы и против каждой укажите объекты, в которых встречаются подобные подсистемы.

Чемодан имеет открывающуюся крышку на запорах. Подобная крышка может быть на сундуке, шкатулке, погребе. Ручку, кроме чемодана, имеют дверь, чашка, трамвай...

8.4. Поиск противоположного объекта

— У нас было много всяких предметов:
грязнописание, тригонометрия,
анатомия и физиономия...

Называется какой-либо объект, например мед. Надо назвать как можно больше других объектов, противоположных ему.

Чтобы выполнить это упражнение, также используйте алгоритм: ищите объекты, противоположные заданному, по функции, по признакам (например, по размеру, форме, агрегатному состоянию), по подсистемам и т.д.

Пример

Мед — продукт питания. Противоположными будут все несъедобные объекты.

Мед — полезный. Противоположными будут все вредные объекты: табачный дым, газ, «вредный» сосед.

Мед — сладкий. Противоположным будет все горькое: листья одуванчика, лекарства, правда...

Мед обычно густой. Противоположными будут все жидкости: вода, молоко, сок и т.д.

8.5. Поиск возможных причин

— Какое сегодня число? — спросил Болванщик, поворачиваясь к Алисе и вынимая из кармана часы.

Алиса подумала и ответила:

— Четвертое.

— Отстают на два дня, — вздохнул Болванщик. — Я же говорил: нельзя их смазывать сливочным маслом!

Назовите какую-нибудь вполне естественную ситуацию, которая вдруг закончилась необычно. Дайте несколько объяснений такому финалу, вплоть до самых фантастических. При поиске причин используйте признаки, связанные с «подсистемой» (сам объект, его состояния и др.), с «надсистемой» (быт, транспорт и др.), с другими системами, используйте временные ресурсы системы — в прошлом или в будущем.

Пример: Я пригласила гостей на юбилей. Когда они пришли, меня не было дома.

В числе обычных для такой ситуации причин (задержали на работе; когда делала прическу, в парикмахерской отключили воду или свет; упала на улице; вызвали в школу к сыну и т.д.) были и такие:

Гости перепутали дату и пришли в другой день.

Я приглашала гостей на круглую дату, а они пришли в обычный день рождения.

Я поменяла квартиру, а гости пришли по старому адресу.

Позвонил с вокзала любимый человек — один час в городе проездом...

Познакомилась с таким инопланетянином...

Инопланетяне предложили в качестве подарка показать свою планету, обещали обернуться за секунду.

Участвовала в задержании опасного преступника.

(Группа преподавателей из г. Тирасполь)

8.6. Мысль другими словами

— А что это такое?— спросила Алиса. Сказать по правде, ее это не очень интересовало, но Додо многозначительно молчал, видно, ждал вопроса. И так как все тоже молчали, спрашивать пришлось Алисе.

— Что такое куралесы? — спросила Аня не потому, что ей хотелось это узнать, но потому, что Дронт остановился, как будто думая, что кто-нибудь должен заговорить, а между тем слушатели молчали.

В. Набоков. Аня в стране чудес

Для выполнения этого задания берется фраза, сложность и содержание которой определяется возрастом участников и целью, которая ставится (КВН, урок литературы или логики). Нужно предложить несколько вариантов передачи этой же мысли другими словами, при этом желательно, чтобы одни и те же слова не повторялись. Необходимо следить также, чтобы смысл высказывания не искажался.

Пример: Я всегда уверен в своей правоте.

Другими словами

Я никогда не соглашаюсь с аргументами оппонента.

Я всегда спорю до победы.

Меня невозможно ни в чем переубедить.

Мне хочется, чтобы меня считали правым.

Я думаю, что если последнее слово за мной, все считают меня сильной личностью.

И так далее.

Это упражнение можно рассматривать как составную часть упражнения «Придумать рассказ».

8.7. Эти три слова — обязательно!

Мартовский ЗАЯЦ взял ЧАСЫ
и уныло посмотрел на них,
потом окунул их в ЧАШКУ с чаем
и снова посмотрел.

Обычно для выполнения этого упражнения предлагается взять три слова (нарицательные имена существительные в единственном числе и именительном падеже), расположенные далеко друг от друга на смысловой оси, и составить как можно больше предложений, которые обязательно включали бы в себя все три слова. При составлении предложений можно менять падежи существительных, их число, а также использовать любые другие слова.

Как показала практика, выполнение этого упражнения по такой инструкции вызывает у учащихся только активизирующий эффект, так как установление связей между объектами производится методами случайного поиска и перебора вариантов.

Производить организованный целенаправленный поиск новых неожиданных связей между привычными образами объектов, искать и находить их оригинальные сочетания, планировать замысел не просто отдельных предложений, а создавать целостные образы из отдельных разрозненных элементов и писать рассказы позволяющий следующий алгоритм, разработанный на основе функционально-системного подхода:

1. *Дать определения объектов и записать возможные функции, которые они могут выполнять. Для живых объектов это может быть профессия или род деятельности, которые выполняет весь объект или его отдельные части (например, человек — режиссер, собака — сторож, лисий хвост — метелка).*

2. *Записать в столбик подсистемы объектов и возможные надсистемы.*

3. *Записать возможные варианты признаков объектов и их частей (цвет, форма, материал и пр.).*

4. *Указать* возможные эмоциональные состояния объектов (грустный, возбужденный и т.д.).

5. *Записать* возможные действия, которые могут выполнять объекты (ждать, сидеть, раскрываться...).

6. *Комбинируя* элементы пп.1–5, *составить предложения* из интересных для вас сочетаний.

7. *Составить рассказ* из получившихся предложений.

Работа по алгоритму дает материал для тщательной разработки и выбора деталей, которые можно использовать при выполнении задания, и позволяет осознанно выйти на новый качественный уровень.

Пример: Каша — статуя — балкон

Распишем объекты в соответствии с алгоритмом.

1. Возможные функции

Каша — продукт питания, сваренный из какой-либо крупы; иносказательно — месиво, беспорядок, хлопотливое дело («расхлебать кашу»), ненадежность в партнере («с ним кашу не сварить»), нечеткость речи («каша во рту») и т.д. Основная функция каши — удовлетворять голод. Дополнительные функции — использовать объект по непрямому назначению (так, наличие различных свойств и состояний согласно пп. 3–5 позволяет использовать кашу как клеящее вещество, строительный материал и т.п.).

Статуя — скульптурное изображение, обычно в полный рост, часто увеличенное, человека или животного; иносказательно — неподвижность («застыл, как статуя», «молчит, как статуя»), холодность («холодный, как статуя»). Основная функция — сохранение информации об объекте и удовлетворение эстетических потребностей. Дополнительные функции — вешалка, ориентир, символ и т.д.

Балкон:

а) огражденная перилами площадка, выступающая из стены здания;

б) верхние ряды в театральном зале.

Основная функция (а) — дать возможность выйти за пределы квартиры, не покидая ее. Дополнительные функции — место для отдыха; трибуна и т.д.

2. Подсистемы объектов

Каша — крупинки, вода, масло...

Статуя — постамент, элементы тела и одежды...

Балкон — площадка, перила...

Надсистемы объектов

Для каши — продукты питания; кухонная посуда; плита...

Для статуи — парк; выставка; литейный цех или карьер, где добывают мрамор...

Для балкона — этаж; здание; город; строительный участок...

3. Признаки объектов

Каша — гречневая, горячая, липкая...

Статуя — мраморная, белая, согнутая...

Балкон — открытый, легкий, солнечный...

4. Эмоциональное состояние объекта

Каша — скучная, однообразная, обжигающая...

Статуя — задумчивая, тоскующая, возвышенная...

Балкон — скромно спрятавшийся, выпирающий, постаревший...

5. Возможные действия

Каша — пыхтеть, переливаться, подгорать...

Статуя — качнуться, напрягаться, разбиться...

Балкон — строиться, падать, быть залитым...

6 и 7. С открытого балкона доносился такой запах гречневой каши, что даже холодная статуя вздрогнула. «Стоишь здесь, как статуя, подпираешь этот нагло выпирающий балкон своими плечами, — тоскливо подумала она, — а тебе даже ложки каши не предложат!». Выпрямившись, статуя одной рукой ухватилась за перила балкона, а второй потянулась за кашей. Но постаревший балкон не был рассчитан на вес каменной статуи и рухнул вместе с кашей. Падая, балкон не только сам рассыпался в кашу, но и расколол статую. Долго разбирали строители кашу из обломков балкона и статуи. Потом сделали новый балкон и украсили его

размолотыми в кашу обломками мраморной статуи. А из остатков засохшей каши мальчик слепил домик с балконом и конную статую индейца.

Мораль: и балкон, и статуя были бы целы, если бы не запахло кашей...

Выполнение этого упражнения можно рассматривать как элементарную модель творческого процесса, так как созданные рассказы представляют новизну прежде всего для самих авторов. На примере хорошо видно, как алгоритм, выполняя чисто инструментальные функции, активизирует «сбор» информации об объектах и извлекает из памяти имеющиеся знания. А наличие большого объема материала помогает выбору и комбинированию «заготовок» в предложения.

Эту особенность алгоритма очень часто отмечают те, кто его использует: во время работы по схеме «в голову приходят неожиданные мысли», и из бессвязной информации рождается оригинальный замысел.

8.8. Алгоритм определения искусственных объектов

— Говорите по-человечески, — сказал Орленок Эд. —
Я и половины этих слов не знаю!
Да и сами вы, по-моему, их не понимаете.

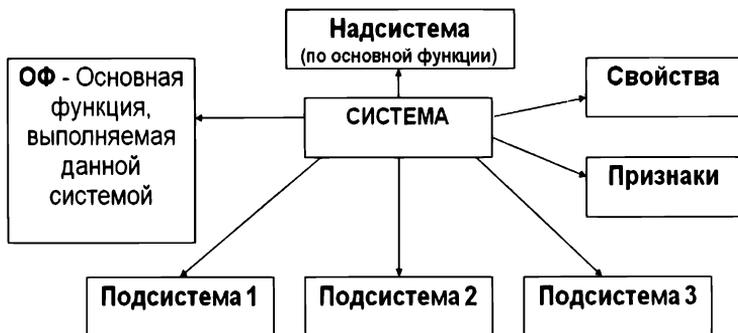
С этим довольно сложным заданием легко справляются, когда для его выполнения осознанно применяют элементы системного подхода. Чтобы дать определение искусственным объектам, используйте алгоритм, представленный на схеме, и выполните следующие действия в такой последовательности:

1. Определите надсистему, в которую входит объект.

2. Назовите основную функцию, которую выполняет данный объект.

3. Выделите те существенные свойства и признаки, которые отличают данный объект от других объектов, входящих в эту же надсистему. Это могут быть:

- форма;
- части, из которых объект состоит;
- размер;
- иногда материал, из которого изготовлен объект¹⁰.



В окончательном варианте для получения более краткой формы определения понятия порядок слов можно изменить.

Например, СОСУД — вместилище для сыпучих и жидких веществ.

Понятие «сосуд» является «надсистемой» для понятий «горшок, котел, котелок, стакан, чашка» и др.

¹⁰ В учебных целях, во избежание путаницы и излишних дискуссий, для определения понятия используйте те признаки и свойства определяемого объекта, которые были ему присущи (наиболее характерны) в период его создания. Стакан, например, изготовлялся только из стекла и был цилиндрической формы. Тарелки были только круглые, и т.д. Пластмассовые конические стаканчики, как и шляпа-котелок — это уже названия по аналогиям.

ГОРШОК — сосуд для хранения и приготовления пищи округлой формы, сделанный из глины.

Точность определений, полученных по алгоритму, сравним с определением понятий по словарю С.И. Ожегова¹¹:

ГОРШОК — округлый глиняный сосуд для хранения и приготовления пищи.

В определении среди существенных признаков указан материал, так как изначально горшок изготавливался из глины.

КОТЕЛ — большой металлический круглый сосуд для приготовления пищи.

Из существенных признаков важны размер и форма, так как размер отличает котел от котелка.

КОТЕЛОК — небольшой металлический сосуд для варки пищи над огнем.

НОЖ — инструмент для резания, состоящий из лезвия и ручки.

Существенными признаками, отличающими его от других инструментов для резания, является наличие составляющих его подсистем.

СЕЛЕДОЧНИЦА — столовая посуда продолговатой формы для селедки.

Существенный признак — форма.

Приведенный выше алгоритм можно использовать для заданий другого типа, в которых нужно дать не краткое и четкое (научное) определение понятия, а развернутое описание предмета.

Например, табурет — предмет, предназначенный для сидения, состоящий из плоской горизонтальной поверхности (сиденья) круглой или квадратной формы диаметром (длиной стороны) 25–30 см и толщиной 1–2 см и не менее трех цилиндрических, конических или прямоугольных ножек длиной 50–70 см. Материал для изготовления, цвет и другие несущественные признаки могут варьироваться.

¹¹ См.: Ожегов С.И. Словарь русского языка. — М.: Русский язык, 1991.

ЧАСТЬ 2.

Системный подход в технических системах

Глава 9.

Сущность физического противоречия

В основе технического противоречия, построенного по схеме причинно-следственной связи, лежит противоречие физическое – противоположные физические требования к состоянию объекта или к его параметру. Одно из этих состояний обеспечивает наилучшее выполнение основной функции объекта, а другое устраняет возникающий при этом нежелательный эффект. На примерах поиска решения ряда технических проблем показано, что различные формулировки физического противоречия, выводя решателя в зону сильных решений, обеспечивают возможность реализовать идею различными способами.

Теперь задаче нужен Гамлет.
Вопросом вечным ум наш занят:
«Быть иль не быть?» — ищу ответ.
Но Икс — двуликий Янус ТРИЗа –
Воскликнул: «Детские капризы!»
Быть И не быть — вот в чем секрет!»

Шаги по шагам

Эта глава — самая важная и трудная. В ней очень подробно, детально и скрупулезно (насколько нам хватило этих качеств) на примерах поиска решения трех проблем анализируются как раз те этапы и те мыслительные операции, последовательность которых и составляет технологию процесса поиска решения проблемных ситуаций. Нередко возникает впечатление, что некоторые этапы можно легко и безболезненно пропустить. Иногда кажется, что формулировки повторяются, и эти повторы выглядят лишними и нудными.

Нудными — да. Но лишними — нет. Тренировка интеллекта, выработка навыков эффективного мышления еще более трудна, чем достижение совершенства в любом виде спорта, в любой профессии. Необходимые действия нужно отрабатывать до автоматизма, но для этого они должны быть предварительно осознаны и закреплены в сознании. Только тогда возникает та «реакция», которая позволяет выполнять весь комплекс, не задумываясь над каждым движением. Ведь *наша цель — протянуть неразрывную логическую цепочку мыслительных операций* от неопределенной исходной проблемной ситуации до максимально эффективного идеального конечного результата.

Поэтому не торопитесь. Каждый шаг алгоритма что-то меняет в понимании проблемы, иногда весомо, грубо и зримо, иногда чуть-чуть, совсем вроде бы незаметно. Но каждый помогает не сбиться с того направления, которое ведет к ИКР, избавляет, как говорил Г. С. Альтшуллер, от возможности делать глупости.

И еще одно хотелось бы отметить: алгоритм не решает задачи, как резец не обрабатывает деталь и как автомобиль не привозит водителя в заданное место. Токарь с помощью резца обрабатывает деталь; водитель, используя автомобиль как средство передвижения, добирается до нужного места. Алгоритм — это тоже инструмент, средство, с помощью которого конкретный **человек** решает проблему. Алгоритм — это только компас, который указывает, куда нужно идти. А уж пойдете вы в нужном направлении или нет — это ваша проблема. И если, сбившись с пути, получите не тот ре-

зультат, который хотелось бы, не пеняйте на зеркало. Оно не виновато...

А теперь давайте искать решение проблем и учиться пользоваться этим компасом.

Проблема 1. О техническом водопроводе

Промышленные предприятия используют много воды для технических целей, например, для мойки деталей, для приготовления растворов и т.д. Такая вода не требует специальной дорогостоящей очистки, качают ее обычно насосом прямо из природных источников, например реки (рис. 9.1). Длина трубопровода — 1 км, все трубы одного диаметра — 25 см и без крутых изгибов, и насос создает такое давление, что вода за 5 минут проходит всю длину трубы от реки до завода. Однако механические примеси, которые содержатся в неочищенной воде (песчинки, ил), оседают на стенках труб и постепенно забивают их, количество поступающей воды уменьшается, поэтому водопровод нужно периодически (один-два раза в год) от этого осадка очищать.

Для сдирания осадка предложили закладывать в трубы через люк, который расположен после насоса, обломки кирпичей с острыми краями. Двигаясь в трубе под давлением воды, которое создает насос, они сдирают осадок. Этот осадок подхватывается потоком воды и выносится в резервуар — отстойник возле завода, откуда его уже легко удалить. Но крупные куски кирпича, которые хорошо и быстро очищают трубу, иногда застревают в плотных наслоениях ила, и выбить их очень сложно. Попробовали проводить очистку обломками меньшего размера. Они, действительно, не застревают, но почти ничего не очищают, поток воды свободно пронесит их по всему трубопроводу и выбрасывает в резервуар. Как быть?

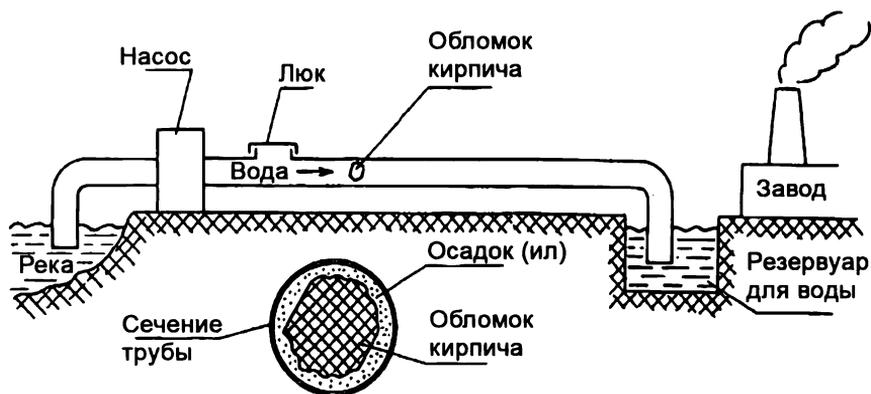


Рис. 9.1

Проанализируем ситуацию в соответствии с рекомендациями шага 1 алгоритма (см. Приложение 1). Первая сложность возникает при определении основной функции системы: достаточно часто ее определяют как «подавать определенный объем воды на завод». Тогда нежелательный эффект (НЭ) — сокращение количества воды, поступающей по трубопроводу, в результате его засорения, и минимальная задача формулируется или как необходимость изменить способ подачи воды, или дополнять недостачу.

Основное требование ТРИЗ при анализе ситуации — выявить первопричину возникновения проблемы, чтобы бороться именно с ней, а не со следствиями. Причиной сокращения количества подаваемой воды является засорение трубы осадком. Эту причину можно устранить двумя способами: или сразу очищать воду на входе трубы различными фильтрами, или удалять осадок со стен трубы. Поскольку для производства достаточна техническая вода, в фильтровании нет необходимости, тем более, что обойдется оно очень дорого. Если же периодически удалять осадок (что, кстати, и пытались делать на заводе с помощью больших обломков кирпичей), то поток воды не уменьшится. Значит, решать надо именно эту минимальную задачу — как очистить трубу. Проблема сужается, ситуация становится более конкретной.

Продолжим анализ. Для очистки трубы используют большие обломки кирпича, которые прекрасно выполняют возложенную на них функцию — сдирать осадок с внутренних стенок трубы, но при этом застревают. Исходя из определения мини-задачи «Все остается без изменения, а нежелательный эффект исчезает», формулируем шаг 1.

Шаг 1. Техническая система для очистки внутренних стенок трубы от осадка песка и ила путем сдираания осадка острыми краями крупного обломка кирпича при его движении по трубе под давлением воды состоит из трубы, крупного обломка кирпича, осадка, воды и насоса. В процессе выполнения очистки возникает нежелательный эффект ($HЭ_1$) — крупные обломки застревают.

Чтобы устранить застревание крупного обломка, можно использовать в качестве средства устранения (СУ) мелкие обломки. Однако при использовании мелких обломков возникает новый нежелательный эффект ($HЭ_2$) — они не очищают трубу от осадка.

Построим схему задачи.

ОФ — очистка трубы от песка и ила.

ПД — применение больших обломков кирпичей.

Состав системы — вода, осадок, насос, большой обломок кирпича, труба.

$HЭ_1$ — застревание большого обломка кирпича в осадке.

СУ — применение маленьких обломков кирпичей.

$HЭ_2$ — нет очистки.

Определим противоположные состояния технического противоречия:

$ТП_1$: $SУ \rightarrow \overline{HЭ_1} \rightarrow HЭ_2$.

Если для очистки трубы применять маленькие обломки кирпичей, то они не будут застревать в осадке, но и не будут очищать внутреннюю поверхность трубы.

$ТП_2$: $\overline{SУ} \rightarrow \overline{HЭ_2} \rightarrow HЭ_1$.

Если же для очистки трубы не применять маленькие обломки кирпичей, то очистка будет, но сохранится застревание больших обломков кирпича. (При формулировании $ТП_2$ и далее необходимо обратить внимание на то, что отсутствующее СУ означает не

его отрицание вообще, а «отрицание отрицания», т.е. применение вместо него того элемента системы или параметра, который создает НЭ₁. При решении данной проблемы, в частности, «не применять маленькие обломки кирпичей» означает, что следует использовать большие обломки.)

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$$\overline{CУ} \rightarrow \overline{HЭ_2} + \overline{HЭ_1}.$$

Не используя маленькие обломки кирпичей (а только большие) и обеспечивая качественную очистку, устранить их застревание в этом осадке.

После постановки изобретательской задачи сделаем краткие выводы.

Идеальное решение (ИКР) предполагает, что изменений в системе нет вообще или они минимальны, а вредное свойство устраняется. А чтобы система «не заметила» даже минимальных изменений, нужно добиться выполнения заданной основной функции при сохранении заложенного в систему принципа действия (ПД). Это и будет мини-задача.

Проблема о техническом водопроводе — вполне конкретная задача, в которой ТП просматривалось четко: большой обломок кирпича хорошо чистит, но застревает, а маленькие обломки не застревают, но плохо чистят. Постановка задачи в варианте «или — или» сразу устраняет возможность компромисса: выбора обломков каких-то средних размеров, которые и не застрянут, и как-то будут чистить. А требование ТРИЗ — основная функция должна выполняться наилучшим образом — вообще оставляет единственный вариант: только большие! И изобретательская задача сводится по существу к условию: большие обломки, которые хорошо чистят, не должны застревать.

Такой подход, резко обостряя ситуацию, так же резко сужает поле поиска решения. Сразу отбрасываются иные варианты: как-то компенсировать недостающее количество воды, изменить способ ее подачи, использовать другие методы очистки... Кстати, пока что мы забыли об одной рекомендации шага 1: заменять термины простыми словами. Обломок большого кирпи-

ча остался обломком вместо того, чтобы стать, например, «очищалкой» или «обдиралкой». Действительно ли это так важно? Посмотрим...

Вернемся к постановке проблемы. Она возникла, потому что был конфликт: большие обломки кирпича застревают и перегораживают трубу. И из всей ТС, из всех ее элементов в схеме остались только те два, которые этот конфликт создают: большие обломки кирпича и осадок. Это и есть *модель задачи — условная схема, которая отражает структуру конфликтного участка системы*. И, как во всякой хорошей модели, в ней только то, что «необходимо и достаточно».

«Необходимо» — требования к свойствам идеального СУ, которые обеспечат решение задачи. «Достаточно» — *место, где* эти требования должны быть реализованы; *время, когда* эти требования должны быть реализованы, а также *средства, которые* должны быть использованы в первую очередь для данной реализации.

Шаг 3. Определим оперативную зону (ОЗ) — зону конфликта. Обычно ее определяют как поверхность обломка большого кирпича, но потом, подумав, поправляются: часть поверхности. Конечно же, часть. Та выступающая часть, которая «работала» — сдирала осадок — и потому в нем застряла. Как раз эта часть «держит» весь обломок и мешает ему двигаться дальше. Назовем ее «контактирующей с осадком поверхностью обломка».

Шаг 4. Определим оперативное время T и проследим этапы процесса очистки и возникновения конфликта.

После того как обломок большого кирпича поместили в трубу и создали насосом давление воды, он двинулся, и процесс очистки пошел. Если обломок нигде не застрял или, застряв, сам освободился, проблемы нет, так как нет конфликта. Если же обломок застрял и не может сам освободиться — выполнение основной функции прекращается. Этот период — до застревания — можно рассматривать как рабочее время T_3 .

Время, когда обломок стоит, и есть время конфликта T_1 . А как только он освободится и будет продолжать работать — продолжится время T_3 .

Поэтому можно записать: оперативное время $T = T_1 + T_3$. Цель задачи — свести T_1 к нулю, устранить простаивание обломка.

Теперь можно выявлять физическое противоречие на макроуровне.

Шаг 5. Контактирующая со слоем осадка поверхность обломка должна быть большой при выполнении основной функции (во время T_3), чтобы сдирать осадок, и маленькой при застревании (во время T_1), чтобы легко освободиться.

Вполне возможны и другие формулировки физического противоречия, например такие:

— контактирующая со слоем осадка поверхность обломка должна быть твердой, чтобы сдирать осадок, и мягкой, чтобы не застревать;

— контактирующая со слоем осадка поверхность обломка должна быть прочно связана со всем кирпичом, чтобы сдирать осадок, и связана с ним свободно, чтобы «отпускать» кирпич при застревании.

Истинная демократия допускает и другие варианты, но с одним обязательным условием: *сущность противоречия должна быть физической. Иными словами, относиться к свойствам объекта или к его состоянию. При этом одно свойство (или состояние) должно обеспечивать выполнение основной функции, а противоположное — устранять нежелательный эффект, который мешает эту функцию выполнять.*

Итак, наша оперативная зона должна иметь два противоположных свойства или состояния: большая — маленькая; твердая — мягкая; связанная прочно — связанная свободно. Не забудем, однако, что эти состояния должны проявляться в *разное* время.

Естественно предположить, что эти свойства или состояния должны быть реализованы чем-то конкретным. Следующий шаг предлагает от всего объекта перейти к частицам вещества, способным выявить физическое противоречие на микроуровне.

Здесь хотелось бы отметить следующее: многолетний опыт многих преподавателей показал, что на первых порах обучения погоня за выскочившей идеей прерывает ход решения и мешает довести его до логического конца. По точному замечанию

Г. С. Альтшуллера, делают только то, что записано в инструкции, да и то не всегда. Но тут уж виноват не алгоритм, а исполнитель. Признавайтесь, очень хочется все-таки подобрать какие-нибудь «средние» куски кирпича, чтобы и чистили, и не застревали. Или постучать по трубе кувалдой. (Ах, да, ведь труба в земле, и где застрял кирпич — мы не знаем!). Или повысить давление, чтобы протолкнуть застрявший кирпич, или направить давление потока воды с другой стороны, или нагреть трубу, чтобы осадок отстал. «Потрясти» ультразвуком или просто провибрировать. Растворить химическим способом. Заложить в трубу «ерш» с вращающимися щетками... И много других, не менее интересных предложений.

Конечно, большое давление может протолкнуть кирпич, но ведь и труба может лопнуть... Чтобы получить давление «с другой стороны», нужно ставить еще один насос. Растворять химически — очень дорого, кроме того, сильный растворитель может и трубу растворить. Ерш — достаточно сложное устройство, стоит ли его изготавливать, чтобы использовать один-два раза в год?

Поэтому будем искать решение, не усложняя систему и не вызывая новых нежелательных эффектов. И при этом — еще раз напомним — будем стремиться к ИКР!

Шаг 6. Физическое противоречие на микроуровне (μ -ФП): контактирующая с осадком поверхность обломка большого кирпича должна состоять из частиц вещества, которые обеспечивают максимальный размер поверхности во время сдирания осадка, и минимальный размер (или совсем устраняют контакт) во время застревания.

Возникает естественный вопрос: «Разве противоречие «большой — маленький» — физическое? Это же размеры, значит, геометрическое?»

Вопрос закономерный. Но в ТРИЗ пока другого термина нет. Поэтому мы говорим не только о свойствах, но и о состоянии. Тем более что часто размеры объектов, например воздушного шарика, определяются физическим параметром, таким, как давление внутри него. Длина объекта может изменяться от температуры, электрического и магнитного полей и т.д. Кстати, многие противоре-

чия разрешаются не только с помощью физических эффектов, но и достаточно часто с применением математики. И какие красивые решения получаются! Действительно, идеальные результаты!

Формулировки других вариантов физического противоречия на микроуровне не очень отличаются от противоречий на макроуровне, поэтому подумайте над ними сами.

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР): техническая система должна сама обеспечивать между поверхностью сдираемого осадка и поверхностью обломка кирпича наличие частиц, которые обеспечивают большую величину поверхности обломка, контактирующую с осадком, во время сдирания осадка, и маленькую контактирующую поверхность (или его полное отсутствие) при застревании обломка.

Для других вариантов суть формулировки ИКР в кратком виде будет следующей:

— техническая система должна сама обеспечивать наличие частиц, создающих твердую поверхность обломка во время сдирания осадка и мягкую — при его застревании;

— техническая система должна сама обеспечивать наличие частиц, прочно связывающих поверхность обломка с кирпичом во время сдирания осадка, и возможность отрыва поверхности от кирпича при его застревании.

Шаг 8. Сформулируем условия, которым должны удовлетворять частицы, чтобы обеспечивались необходимые согласно шагу 7 противоположные физические состояния.

Какими же должны быть частицы для первого варианта, когда контактирующая с осадком поверхность обломка должна быть большой — и маленькой? Очевидно, частицы должны быть на поверхности или их должно быть много, чтобы поверхность была большой во время работы, и частиц должно стать мало или их не должно быть вообще, чтобы поверхность стала маленькой во время застревания.

А для второго варианта? Различие между твердым и мягким определяется способностью объектов сопротивляться изменению своей формы под воздействием внешней силы. Наиболее явно та-

кое различие наблюдается у вещества, которое находится в разных агрегатных состояниях — например, в твердом и жидком. При изменении температуры меняют свою твердость аморфные вещества.

Для третьего варианта свойства, которыми должны обладать частицы, заложены в самой формулировке ИКР: они должны быть прочно соединенными во время работы и легко отделяемыми при застревании.

Если обобщить требования к свойствам частиц, вытекающим из этих трех вариантов, то можно увидеть, что они во многом сходны. Так, требование к поверхности быть прочно соединенной с основной массой обломка прежде всего предусматривает необходимость существования этой поверхности. А прочность соединения чаще всего наблюдается как раз у твердых веществ.

Аналогична ситуация и с требованиями к свойствам частиц во время застревания обломка: отделение или исчезновение поверхности может произойти при ее слабом соединении с основной массой обломка, а слабая связь между частицами как раз характерна для жидких веществ.

Шаг 9. Проанализировать состав системы (см. шаг 1) и выяснить, имеются ли в ее составе элементы, обеспечивающие сформулированные на шаге 8 свойства.

При определении оперативного времени мы подробно рассмотрели, как застревает обломок. Теперь рассмотрим, как он освобождается.

Чтобы обломок освободился, необходимо, чтобы либо исчез осадок, в котором он застрял, либо острые края, которые сдирают осадок и которыми обломок как раз и зацепился. Осадок сам не уйдет, его надо содрать. Значит, «уйти» должны острые края. Причем уйти, в соответствии с требованием ИКР, *сами*, т.е. под действием тех элементов, которые уже имеются в системе.

В состав системы входят труба, крупный обломок кирпича, осадок, вода и насос. Осадок уже исключен, труба с обломком не контактирует и поэтому воздействовать на него не может. Насос же воздействует на обломок посредством давления воды.

Итак, из пяти элементов остались два: крупный обломок с острыми краями, застрявший в осадке, и вода. И задача свелась к предельно конкретной и физической: острые края обломка под действием воды должны исчезнуть, тогда обломок освободится. Очевидно, на острые края могут действовать *свойства* воды как вещества, в частности основное свойство — способность воды растворять. Кроме того, вода имеет температуру, т.е. обладает запасом тепла — назовем это «тепловым полем». Еще есть «механическое поле» — давление, создаваемое насосом. Но на *обломок кирпича* все эти свойства не подействуют... Как же сделать его маленьким? Или размягчить? Или отодрать слой с поверхности?

Давайте вернемся к началу (см. АРПС, Приложение 1) и посмотрим, что мы проскочили. Нашли? На шаге 1 было сказано: «без специальных терминов!» И почему — в примечании б: «Термины...» и так далее.

Что же мы с вами не сделали? Не выбросили термин «кирпич», не заменили его простым словом, например, «очищалка» или «обдиралка». И по всем законам психологической инерции наша мысль пошла проторенным путем, не позволяя представить себе обломок кирпича не цельным и твердым куском спекшейся глины, а чем-то иным. способным к изменениям. Тогда кирпича с его свойствами уже нет, есть просто «обдиралка». И эта «обдиралка» под действием воды, ее давления и температуры должна уменьшаться, причем уменьшение идет с поверхности за счет ее размягчения и отрыва частиц...

Из какого же вещества должна быть изготовлена «обдиралка», чтобы на нее подействовали свойства воды? Растворяется в воде, например, соль, большие твердые куски которой можно бросать в трубу вместо кирпича. А еще в воде хорошо растворяется... вода, твердая вода — лед. Можно в трубу бросать просто куски льда. Можно «сморозить» маленькие куски кирпича в один большой — если он застрянет, то распадется на маленькие. Мы сразу выходим на решение исходного противоречия: большой кусок хорошо чистит, а маленькие не застревают.

Проблема 2. О запайке ампул

Для запайки ампул с лекарством их устанавливают в квадратный ящик с ячейками ($25 \times 25 = 625$ ампул) и на конвейере подают к газовой горелке. Горелка представляет собой трубу с отверстиями (как в нагревателях горячей воды или в газовых духовках), расположенную на некоторой высоте поперек конвейера. Из отверстий вниз выбиваются языки пламени. Эти языки пламени при прохождении ящика с ампулами нагревают шейку ампулы. При нагреве шейка оплавляется, стекло стекает вниз и ампулы запаиваются, герметизируя лекарство.

Но при горении газа длина языков пламени меняется, и не все шейки ампул успевают нагреться до такой температуры, чтобы оплавиться и закупорить лекарство. Часть ампул не запаивается, получается брак. Можно уменьшить скорость движения конвейера, но тогда падает производительность труда. Поэтому попробовали увеличить подачу газа в горелки. Длина языков пламени увеличилась, и все ампулы стали прекрасно запаиваться. Но длинные языки пламени начали касаться и тела ампулы, в котором находится лекарство (рис. 9.2). Лекарство при нагреве портится, опять получается брак. Как быть?

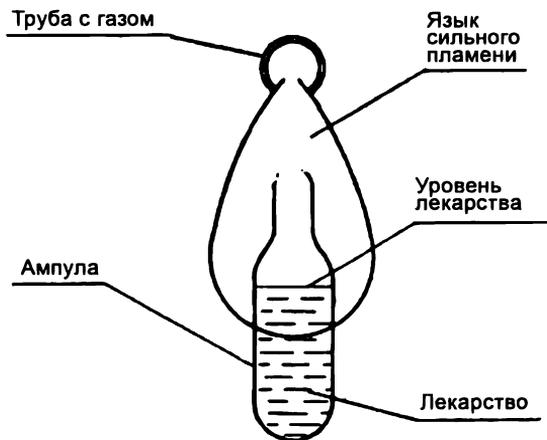


Рис. 9.2

В этой проблеме определение основной функции обычно затруднений не вызывает: ОФ — запайка ампул с целью герметизации лекарства. А вот при записи принципа действия (ПД — нагрев языком пламени) обычно упускают одну очень важную деталь — не указывают, при каких условиях ОФ выполняется наилучшим образом (вспомните проблему о температуре химического раствора!). И тогда возникают затруднения в выборе средства устранения и, соответственно, второго нежелательного эффекта. Между тем и то, и другое будет четко определено, если в условии отметить, что 100%-ная герметизация происходит в длинном языке пламени.

Шаг 1. Техническая система для запайки ампул путем нагрева шейки ампулы *длинным языком пламени* состоит из конвейера, ящика с ампулами и газовой горелки с длинными языками пламени. В процессе выполнения запайки возникает нежелательный эффект ($HЭ_1$) — нагрев тела ампулы с лекарством. Чтобы устранить $HЭ_1$ — нагрев тела ампулы с лекарством, — можно использовать средство устранения (СУ) — уменьшить длину языка пламени. Однако при этом возникает новый нежелательный эффект ($HЭ_2$) — не все ампулы запаиваются.

Схема задачи:

ОФ — запайка шейки ампул.

ПД — нагрев шейки ампулы длинным языком пламени.

Состав системы — ампула, лекарство, горелка, ящик, конвейер.

$HЭ_1$ — нагрев лекарства.

СУ — уменьшить длину языка пламени.

$HЭ_2$ — нет полной запайки ампул.

Варианты технических противоречий в их крайних состояниях:

ТП₁: $SУ \rightarrow \overline{HЭ_1} \rightarrow HЭ_2$.

Если уменьшить длину языка пламени, то нагрев лекарства исчезает, но появляется неполная запайка ампул.

ТП₂: $\overline{SУ} \rightarrow \overline{HЭ_2} \rightarrow HЭ_1$.

Если же длину языка пламени не уменьшать, то неполная запайка ампул не возникает, но сохраняется нагрев лекарства.

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$$\overline{CУ} \rightarrow \overline{НЭ}_2 + \overline{НЭ}_1.$$

Не уменьшая длину языка пламени и обеспечивая тем самым полную запайку ампул, устранить нагрев лекарства.

Шаг 3. Определяем оперативную зону (ОЗ) — зону, где происходит конфликт. Для этого еще раз вспомним, что суть конфликта — в нагреве лекарства длинным языком пламени. Таким образом, конфликтная зона — это зона контакта длинного языка пламени с телом ампулы, с той ее частью, в которой находится лекарство. Ситуация аналогична той, которая возникла в задаче о мешалке для расплава стали (см. с. ???): тепло от пламени к лекарству передается через стеклянное тело ампулы. И если мы сумеем отделить ту часть длинного языка пламени, которая находится ниже шейки ампулы, от соприкосновения с поверхностью тела ампулы, то лекарство нагреваться не будет.

Шаг 4. Определяем оперативное время (ОВ). Это время T состоит из времени выполнения основной функции T_3 , которое полностью совпадает с временем конфликта T_1 , так как нагрев лекарства происходит одновременно с запайкой ампул.

$$T = T_1 = T_3.$$

Как видно из проведенного анализа, в этой задаче все пространство делится на две части, две зоны: в одной — верхней — осуществляется реализация основной функции (запайка шейки), в другой — нижней — возникает $НЭ_1$ (нагрев лекарства). А наличие двух зон фактически исключает возможность возникновения противоречия, так как появляется возможность эти зоны просто отделить одну от другой даже в том случае, если эти действия происходят одновременно. (Детальный анализ возможных вариантов сочетаний элементов ОЗ и ОВ проводится при изучении методики решения сложных технических задач и выходит за рамки данного пособия.)

Шаг 5. Физическое противоречие на макроуровне (М-ФП).

Выше отмечалось, что выполнение ОФ и возникновение $НЭ_1$ происходят в различных частях пространства, поэтому формулирование физического противоречия на макроуровне должно устранить возникновение $НЭ_1$ и может выглядеть так: длинный

язык пламени должен касаться тела ампулы, поскольку он обеспечивает полную их запайку, и не должен ее касаться, чтобы не нагревать лекарство.

Шаг 6. Физическое противоречие на микроуровне (μ -ФП), таким образом, сводится к формулированию требований к частицам, которые должны находиться в оперативной зоне:

— между телом ампулы и длинным языком пламени во время действия длинного языка пламени должны находиться частицы вещества, которые не будут пропускать пламя к телу ампулы.

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР): техническая система должна сама обеспечивать в пространстве между языком пламени и телом ампулы во время запайки наличие частиц, которые не пропускают пламя к телу ампулы.

Шаг 8. Определим свойства, которым должны удовлетворять частицы, чтобы обеспечивались необходимые по шагу 7 требования. Частицы должны:

— создавать сплошную отсекающую поверхность, через которую не сможет пробиться пламя;

— быть негорючими и нетеплопроводными;

— быть подвижными — быстро и легко появляться *только возле тела ампулы* (а не возле шейки!) и также быстро и легко удаляться;

— не попадать в открытые ампулы, чтобы не засорять лекарство;

— быть дешевыми.

Если требование к подвижности частиц распространить на весь ящик, то мы приходим к необходимости обеспечить наличие некоей горизонтальной плоскости из защитных частиц, расположенной как минимум на уровне лекарства в ампулах.

В систему входят, как вы помните, конвейер, ящик с ампулами и газовая горелка с длинным языком пламени. Обеспечить (шаг 9 по шагу 1) сформулированные на шаге 8 свойства эти элементы не могут. Поэтому попробуем по нужным свойствам подобрать подходящее вещество. Подбор вещества рекомендуем начинать с определения его агрегатного состояния.

Сплошным, через которое не сможет пробиться пламя, вещество может быть либо в твердом, либо в жидком состоянии. Значит, все газообразные вещества сразу отпадают.

Негорючих и нетеплопроводных веществ, как твердых, так и жидких, много. Но обеспечить подвижность твердое вещество может только в том случае, если оно раздроблено до песчинок. Засыпать ящик с ампулами песком в принципе можно, но песок придется сыпать сверху — и он может попасть в открытые ампулы с лекарством. Кроме того, создавать с помощью песчинок ровную поверхность, да еще на нужном уровне, очень сложно, жидкость же это сделает САМА. И самая дешевая жидкость — это вода.

Вся задача фактически свелась к вопросу: КАК подавать воду в ящики перед запайкой и удалять ее после запайки ампул. Чтобы удовлетворить еще одно требование — не засорять лекарство — вода должна подаваться снизу. В идеале (ИКР!) — сама и в нужном количестве. Сделать это довольно просто: дырявый ящик нужно ставить в воду на определенную глубину. Для этого лента конвейера часть пути проходит через ванну с определенным уровнем воды. А ванна, естественно, расположена как раз под горелками с длинными языками пламени... (рис. 9.3).



Рис. 9.3

А теперь сравните, какую задачу вы начинали решать и какую фактически решали. Не надо? Ну не надо! Но путь к «воде» все-таки проанализируем и обобщим.

Для поиска вещества, тем более «на стороне», нужно, исходя из основной функции, которую должно выполнять это вещество, прежде всего сформулировать главные свойства, которые обеспечат выполнение этой функции. Посмотрите, как мы искали подходящие вещества в предыдущих задачах, и, наверное, согласитесь, что чаще всего первое главное свойство связано с их агрегатным состоянием. Их всего три: твердое, жидкое и газообразное (плазму как состояние вещества рассматривать не будем). И после первого же нашего хода одна треть, а то и сразу две трети возможных кандидатов отпадает. А с ними и соответствующее число «пустых» вариантов.

А дальше нужно максимально детализировать требования к свойствам вещества. И каждое новое требование будет отбрасывать какие-то вещества, которые нужными свойствами не обладают. Так что чем полнее и конкретнее этот перечень, тем меньше число «участников», и на площади поля, где находятся возможные решения, остаются только самые сильные и надежные. А из них выбрать можно...

Проблема 3. О вентиляции бурта хлопка

При уборке хлопок складывают в большие кучи — бурты — длиной 15–20 м, типа скирды соломы, чтобы потом перевезти на прядильные фабрики. Однако, в отличие от соломы, хлопок имеет одно неприятное свойство: спрессованный в кучу при высокой температуре (а жара в период уборки может днем достигать и 50–60°), он самовозгорается. Чтобы предупредить самовозгорание, поперек буртов (3–4 м) укладывают длинные тонкие деревянные палки — жерди, на них накладывают собранный за день хлопок, а к вечеру их вытаскивают. Получаются сквозные вентиляционные каналы. Ночью по ним проходит холодный воздух, и внутренняя часть бурта остывает. Основная трудность — вытащить длинную

жердь так, чтобы канал не завалился, так как трение поверхности жерди, даже отполированной, о волокнистый хлопок очень велико. А с короткими жердями не сделаешь большой бурт. Как быть?

При всей естественной простоте этой очень понятной ситуации сложность возникает уже при попытке определить основную функцию системы. Ведь от выбора ОФ зависит, какую задачу считать минимальной и что сделать, чтобы система «не заметила» изменений.

Хотя чаще всего и отмечают, что жерди кладут для образования вентиляционных каналов, на вопросы «Для чего создана система?» и «Какой элемент системы выполняет основную функцию?», можно ответить по-разному:

1. ОФ — создать канал: эту ОФ выполняет жердь.
2. ОФ — вентилировать бурт хлопка: эту функцию выполняют каналы. А жердь — это только одно из средств для создания канала.
3. ОФ — предотвратить самовозгорание: эту функцию выполняет вентиляционная система.

В примере хорошо видна иерархия уровней задач. Очевидно, что задача «создать канал» — часть задачи «вентилировать бурт». А задача «вентилировать бурт» — только один из способов предотвратить самовозгорание.

Чтобы обеспечить наличие канала во время вытаскивания жерди, предлагают смазывать их жиром, заменить отполированными металлическими трубами, даже оставить трубы, но предварительно просверлить в их стенках множество отверстий, через которые будет происходить вентиляция...

Для ОФ — вентиляция бурта хлопка — нужно создавать канал другим способом, без жерди, так как этот принцип действия системы уже исчерпал все свои возможности.

Для ОФ — предотвратить самовозгорание — хлопок предлагают сразу вывозить и не складывать в бурт, а смачивать водой или пропитывать специальными составами...

Детальный анализ проблемной ситуации с целью выбора наиболее оптимального уровня задачи проводится при решении слож-

ных технических задач и выходит за рамки данного пособия. Пока же попробуем сделать выводы на основе уже полученного опыта.

Для решения минимальной задачи и сохранения принципа действия системы необходимо было задействовать либо ресурсы самой системы (шлак для мешалки, лед из воды), либо дешевые ресурсы, привлекаемые из внешней среды (вода для отсечения части пламени при запайке ампул). Во всех остальных ситуациях возможности ресурсов оказывались исчерпанными, и приходилось менять принцип действия системы (радиостанция для альпинистов, хирургическая игла, нагрев детали для химического покрытия). Искусству искать ресурсы и использовать их возможности для решения проблем посвящена четвертая часть алгоритма АРИЗ-85В Г.С. Альтшуллера.

Еще раз уточним, какую цепочку тянет за собой выбор уровня. Для первого уровня основная функция — это создать канал с помощью жерди, и тогда возникает нежелательный эффект — заваливание канала при ее вытягивании. Для второго уровня ОФ — вентиляция бурта с помощью каналов, без ограничения способа их создания, где использование жерди — просто один из вариантов, у которого нежелательным эффектом является трение и в результате — заваливание канала. Короче говоря, различие сводится к вопросу, что делать: вытаскивать жердь или создавать каналы.

Какой же уровень выбрать для поиска решения? Начнем с первого. Использовать мы можем свойства или хлопка, или дерева, из которого сделана жердь. Причем эти свойства должны «работать» там, где образуется трение, — на стыке поверхностей. Дерево для уменьшения трения уже отполировано. Изменить свойства хлопка нельзя, вводить смазки тоже — испортим хлопок. Так что ресурсы этих элементов, очевидно, уже исчерпаны. Можно, конечно, подключить к жерди вибратор, тогда ее колебания уплотнят прилегающую поверхность хлопка, и вытаскивать жердь будет значительно проще. Но вибратор сильно усложняет систему. Так что от первого уровня, скорее всего, придется отказаться. Итак...

Шаг 1. ТС для создания вентиляционных каналов (ОФ) в бурте хлопка с помощью жердей (ПД) состоит из бурта хлопка и жердей.

Однако при вытаскивании жерди из бурта канал заваливается ($HЭ_1$).

В проблемной ситуации отсутствует даже намек на средство устранения ($СУ$), которое можно было бы использовать. Алгоритм предлагает для таких случаев мощное психологическое средство — отказаться от действия, которое создает $HЭ_1$. Для нашей ситуации — не удалять жердь ($СУ$). Но тогда появляется новый нежелательный эффект ($HЭ_2$) — не образуется канал, т.е. не будет выполняться основная функция системы. (Внимательный и вдумчивый читатель заметит, что уже здесь, на этом шаге, закладываются основы физического противоречия: жердь должна быть, чтобы канал сформировался, и не должна быть, чтобы происходила вентиляция бурта.)

Схема задачи:

ОФ — создание вентиляционных каналов.

ПД — укладка жердей, формирующих каналы.

Состав системы — хлопок, жердь.

$HЭ_1$ — удаление жерди заваливает канал.

$СУ$ — не удалять жердь.

$HЭ_2$ — не образуется канал.

Прежде чем рассматривать варианты технических противоречий в их крайних состояниях, воспользуемся рекомендациями алгоритма и заменим термин «жердь», который создает достаточно устойчивое представление о длинной тонкой деревянной палке, каким-нибудь другим словом. Опыт решения задач и психология рекомендуют называть объекты простыми, как говорил Г.С. Альтшуллер, «детскими» словами, которые давали бы представление о том, ЧТО делает объект, без указания принципа действия.

Поэтому пусть вместо жерди будет «каналообразовалка». Тогда

ТП₁: $СУ \rightarrow \overline{HЭ_1} \rightarrow HЭ_2$

запишется так: если каналообразовалку не удалять, то канал при ее удалении не завалится, но и не образуется.

ТП₂: $\overline{СУ} \rightarrow \overline{HЭ_2} \rightarrow HЭ_1$

запишется так: если каналообразовалку удалять, то канал образуется, но завалится. (Здесь, как и в предыдущих задачах, нужно учитывать отрицание отрицания.)

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$$\overline{C\bar{Y}} \rightarrow \overline{H\bar{Э}}_2 + \overline{H\bar{Э}}_1.$$

Необходимо, удаляя каналообразовалку и тем самым создавая канал, устранить его заваливание.

На первый взгляд постановка изобретательской задачи ничем не отличается от предложенной ситуации. Но только на первый взгляд. Давайте внимательно сравним их. Как видим, здесь возможны два варианта:

а) удалить каналообразовалку (не жерды!) так, чтобы не завалить канал;

б) каналообразовалка может остаться лежать в бурте хлопка, чтобы ее не нужно было удалять, тогда и заваливания не будет. И канал при этом все-таки должен образоваться!

Очень четкий ориентир на ИКР, не так ли?!

Шаг 3. Определяем ОЗ. Так как заваливание канала происходит из-за трения хлопка, образующего поверхность канала, с поверхностью жерди, то оперативной (конфликтной) зоной будут соприкасающиеся поверхности хлопка и каналообразовалки.

Шаг 4. Определяем ОВ. Это время T состоит из времени T_3 выполнения основной функции (создания вентиляционных каналов), которое совпадает с предконфликтным временем T_2 (укладкой бурта), и времени T_1 конфликта (удаления каналообразовалки), когда канал заваливается.

$$T = T_1 + T_3 (T_2).$$

Отсюда видно, что выполнение ОФ и конфликт происходят в разное время. Это позволяет использовать для решения проблемной ситуации объект, свойства или параметры которого изменяются (или могут быть изменены) с течением времени.

Прежде чем формулировать ФП, еще раз вспомним суть физического процесса, из-за которого возникает проблемная ситуация: заваливание канала происходит из-за трения поверхности жерди о поверхность хлопка. И если эти поверхности во время удаления разделить (или если они разделятся сами!), задача будет решена.

Шаг 5 (формулировка физического противоречия на макроуровне — М-ФП) особых затруднений не вызывает:

— поверхность хлопка, образующая канал, должна соприкасаться с поверхностью каналообразовалки во время создания канала, чтобы канал формировался, и не должна соприкасаться с ней во время удаления, чтобы канал не заваливался.

Такая формулировка — должны соприкасаться и не должны соприкасаться — придает некоторую особенность формулированию **шага 6** (физическое противоречие на микроуровне — μ -ФП): между поверхностью хлопка, образующей канал, и поверхностью каналообразовалки не должно быть разделяющих частиц во время образования канала, чтобы обеспечить их соприкосновение, и должны появиться частицы, разделяющие эти поверхности, во время удаления каналообразовалки, чтобы не было трения и канал не заваливался.

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР): техническая система должна сама обеспечивать отсутствие разделяющих частиц между поверхностью хлопка, образующей канал, и поверхностью каналообразовалки во время образования канала (во время укладки бурта), и появление таких частиц между этими поверхностями во время удаления каналообразовалки.

Этот же **шаг 7** можно сформулировать иначе:

ТС должна сама обеспечивать отделение поверхности каналообразовалки от поверхности хлопка, чтобы устранить трение поверхностей при удалении каналообразовалки.

Физическое противоречие на макроуровне и, соответственно, последующие шаги можно сформулировать и так:

— каналообразовалка должна быть большой («толстой») во время создания канала и маленькой («тонкой») во время ее удаления (здесь под размером понимается ее диаметр);

— поверхность каналообразовалки должна состоять из частиц, обеспечивающих ее большой диаметр во время создания канала и маленький — при удалении.

— ТС должна сама обеспечивать наличие частиц на поверхности каналообразовалки, изменяющих ее диаметр от большого во время создания канала до маленького во время ее удаления.

Шаг 8. А теперь определим свойства частиц, которые могли бы обеспечить устранение этих физических противоречий для каждого из сформулированных ИКР.

Вариант 1 — для частиц, которых не должно быть при укладывании каналообразовалки и которые должны появиться при ее удалении. Их функция — разделить соприкасающиеся поверхности. Сделать это можно двумя способами: либо отодвинув (отжав) хлопок от каналообразовалки, либо убрав поверхность каналообразовалки от хлопка.

На этом этапе анализа проходит та грань, где кончается чистая логика и наступает время «осенистов» (или «осенизаторов» — от слова «осенить», кому как нравится!): надо искать реальные способы решения задачи. Но и тут есть хорошо известные и часто применяемые приемы...

Для реализации первого способа частицы должны обладать силой — механическим полем. В качестве частиц (это уже **шаг 9**) лучше всего взять окружающий воздух — тот ресурс, который ничего не стоит и которого всегда много. В качестве источника механического поля — обычный компрессор. Отжимать хлопок от каналообразовалки можно тоже двумя способами:

— в качестве каналообразовалки использовать трубу, закрытую с одной стороны, с большим количеством отверстий в стенках. Если в такую трубу подавать воздух через второй конец, то, выходя через отверстия в стенках, он будет отжимать хлопок от поверхности трубы;

— на хлопок воздух может давить и через стенки самой трубы, если они упругие, например, резиновые, и растягиваются под давлением. Тогда есть смысл сделать *наоборот*: уложить надутую трубу, а потом сбросить давление и тем самым уменьшить ее диаметр. Так реализуется второй вариант — поверхность каналообразовалки отходит (*сама!*) от хлопка и удаляется из канала практически без трения. Частицы воздуха могут оказаться между хлопком и ка-

налообразовалкой при вытягивании и в том случае, если каналобразовалка выполнена в форме конуса. Решение хорошее, но только теоретически: получить большой угол конусности на большой длине невозможно. Также теоретически подходит вариант телескопической конструкции (типа выдвижной антенны для переносных радиоприемников), но при такой ширине бурта (3–4 м) «телескоп» получается тяжелым и сложным.

Надутую, а затем спущенную трубу можно рассматривать как сначала большую, а потом маленькую — таким способом разрешается еще одно ФП. Другой вариант, как сделать большую трубу маленькой, рассматривается в гл. 10.2 (...и немножко геометрии...).

Убирать поверхность каналобразовалки от хлопка можно также по частям, внутрь канала, используя классический прием разрешения противоречия «Объединение — дробление». Для этого нужный размер каналобразовалки собирают из пучка тонких проволок, а после образования канала вытягивают их по одной, из середины пучка, пока диаметр пучка не уменьшится...

Можно предложить еще несколько вариантов, достаточно работоспособных и интересных.

Но все это «Вяло, ребята, вяло!», как говорил нам на семинарах Г. С. Альтшуллер. «Вяло», потому что, набравшись смелости отказать от действия, которое вызывает появление НЭ₁, мы эту смелость потом, при формулировании ФП, потеряли. А сильное ФП на уровне ИКР должно звучать так:

Каналобразовалка должна быть во время образования канала и должна сама исчезнуть, когда ее нужно будет удалять.

Чтобы объект исчез (или переместился), на него нужно подействовать какой-то силой — силовым полем. Основное поле, которого много и из-за которого, кстати, возникает проблема — это тепловое поле, жара. Значит, каналобразовалка должна исчезнуть под действием тепла. Но обычный лед не подходит, он при таянии дает воду, а она намочит хлопок. Лучше использовать сухой лед: он просто испарится, а канал останется. Это и есть контрольный ответ.

Есть в таком решении и дополнительный «пряник»: в процессе испарения лед будет отбирать тепло у внутренних частей бурта, тем самым ускоряя их охлаждение. Остается посчитать, какой вариант в каких условиях дешевле...

А теперь давайте сделаем выводы, тем более, что АРПС мы с вами практически разобрали полностью. Спешить не надо, самое главное — четкая логика.

Итак:

— Изобретатель получает, как правило, для решения не задачу, а проблемную ситуацию. В основе возникшей ситуации лежит неспособность технической системы справиться с теми новыми требованиями, которые к ней начинают предъявлять.

— А почему?

— А потому что создавали систему для работы в одних условиях, а мы начинаем предъявлять другие, новые. И необходимость изменить какой-то один элемент...

— или параметр...

— или параметр системы из-за наличия системных связей тянет за собой необходимость менять другие элементы или параметры. До какого-то предела это еще можно, а потом все: изменения становятся для системы...

— для системы или для нас — пользователей системы?

— Для нас недопустимыми.

— Конечно, для нас! Системе все равно, какой вы ее сделаете. Она просто не будет выполнять те функции, которые вы на нее возложите, или будет выполнять их плохо!

— Чтобы система смогла справиться с новыми требованиями, необходимо устранить техническое противоречие. А чтобы выявить ТП, надо проанализировать проблемную ситуацию.

— В чем суть ТП?

— Техническое противоречие — это свойство связи между двумя объектами, их частями или параметрами.

— Суть свойства?

— Изменение одного объекта, части или параметра вызывает нежелательное изменение другого объекта, его части или параметра.

- Например?
- Например, задача о водопроводе: если мы хотим получить быструю очистку, то должны взять большой кусок кирпича.
- Что же здесь взаимосвязано?
- Размер объекта и производительность.
- Кто должен искать ТП?
- Анализировать ситуацию — это уже работа изобретателя.

От выбора ТП зависит дальнейший ход решения, а от решения — те изменения, которые нужно будет произвести в системе. Чтобы изменения были минимальными, нужно стремиться изменять только те элементы подсистем, которые не затрагивают принцип действия ТС, тогда система эти изменения «не заметит».

- Как же это сделать?
- Прежде всего нужно провести иерархию задач — разбить их по уровням выполняемых ОФ. Можно это назвать функциональным анализом?

— В принципе можно. Но что должно лежать в основе такого анализа?

— Принцип действия, с помощью которого реализуется функция каждой подсистемы, не должен влиять на принцип действия всей системы. Затем для каждого уровня определяется нежелательный эффект и выбирается средство его устранения.

— С нежелательным эффектом понятно — он есть. А как выбрать СУ?

— Достаточно часто СУ в условии присутствует, но оно либо не устраняет НЭ, полностью, либо создает новый нежелательный эффект. Как правило, такие СУ не меняют принцип действия системы, т.е. решается так называемая минимальная задача. Если же мы отказываемся от ПД системы — будет решаться максизадача, т.е. ПД изменится.

— Выбор СУ — шаг сложный и ответственный. Давайте вернемся к предыдущим задачам, посмотрим, как выбирали СУ там и попробуем обобщить. Это была или замена одного объекта другим (жаростойкая мешалка вместо обычной, маленькие обломки кирпичей вместо больших), или действия над объектами (не нагревать

раствор, уменьшить длину языка пламени, не вынимать жердь). И что дальше?

— Вводя средство устранения, чтобы избавиться от одного нежелательного эффекта, мы тем самым создаем новый нежелательный эффект — H_2 .

— Всегда?

— Всегда!

— Не всегда. Бывает — хотя и очень редко! — что введение нужного СУ не создает H_2 . Вспомните задачу о лампе Бабакина: ОФ — светить, H_1 — трескается колба. Если СУ — убрать колбу, то H_2 не возникает! Проблема исчезает, задача решена. Так же редко бывает, что H_2 нас не сильно беспокоит, тогда задача тоже решена.

— Понятно... Тогда после определения значимости H_2 строим схемы крайних состояний технического противоречия «или — или» и на их основе формулируем изобретательскую задачу: не вводя СУ и тем самым не создавая новый H_2 , устранить H_1 !

— Великолепно: вместо поиска компромиссного решения вы сознательно обостряете ситуацию! Зачем?!

— Чтобы выйти на идеальный конечный результат: все остается без изменений, а вредное свойство исчезает.

— А кто устраняет вредное свойство? Что является основой ИКР? Тут чего-то не хватает...

— Чтобы устранить вредное свойство, в систему нужно ввести новый элемент — средство устранения. Но это усложняет систему. Поэтому мы создаем отсутствующий элемент — вводим новый элемент, не вводя его.

— Как это делается?

— Мы вводим новый элемент с нужным свойством, это свойство оставляем, а сам элемент выводим. Получается, что в системе функционирует «идеальный» объект — его нет, а нужное действие выполняется!

— Хорошо! Теперь есть база для ИКР. Дальше!

— Дальше? А дальше мы выявляем ОЗ — место, где возникает конфликт, и ОВ — время, когда он протекает. Но если с «где» все понятно, то с «когда» — не очень...

- Что именно?
- В задаче о запайке ампул конфликт возникает сразу же, как только начинает выполняться основная функция — запайка шеек.
- Иными словами, можно сказать, что время конфликта полностью совпадает с временем выполнения основной функции.
- Да. В задаче о буре хлопка, если делать каналы по одному из вариантов решений, тем более — с помощью сухого льда, конфликт вообще не возникает. Задача куда-то исчезла...
- Вопрос понятен. А как, кстати, с водопроводом?
- Тут вообще «или — или»: или «обдиралка» работает, тогда выполняется ОФ, или застревает, тогда конфликт.
- Теперь непонятно, что вам непонятно? После того как вы так все четко проанализировали...
- Получается, что время конфликта T_1 может полностью совпадать с T_3 — временем выполнения ОФ, может быть его частью, а может вообще лежать вне T_3 , как в задаче об очистке труб.
- Именно поэтому оперативное время пришлось разделить на три части: T_1 — время самого конфликта, T_2 — время до конфликта и T_3 — время выполнения ОФ. В разных задачах эти промежутки могут полностью или частично совпадать — для того и существует шаг 4 «Определение ОВ».
- А куда исчезло T_1 в задаче о буре хлопка?
- Когда исчезло T_1 ? ДО решения задачи или ПОСЛЕ?
- После...
- Так почему вы об этом спрашиваете? Вы же сумели изменить систему таким образом, что конфликт не возник... Типичная задача, когда что-то заранее не предусмотрено. И прием, с помощью которого решают задачи такого типа, так и называется: «Сделать заранее». Теперь с «когда» все понятно?
- Вроде да. После определения ОЗ и ОВ нужно сформулировать ФП на макро- и микроуровнях.
- Что такое ФП и чем оно отличается от ТП?
- Физическое противоречие — это противоположные требования к физическому состоянию элемента системы. При одном состоянии наилучшим способом выполняется ОФ, при другом — устраня-

ется НЭ). Например: обломок кирпича должен быть большим, чтобы хорошо чистить, и должен быть маленьким, чтобы не застревать.

— Разница ясна?

— Ясна. ТП — это свойство связи между двумя элементами.

ФП — это физическое состояние одного элемента.

— Всегда одного?

— Вроде бы всегда...

— Не чувствуется уверенности. Что-то смущает?

— Да, эти противоположные требования могут предъявляться к элементу в разное время и в разных местах, тогда это уже не противоречие...

— Совершенно верно! В первых вариантах АРИЗ физическое противоречие было тождественно диалектическому, когда противоположные требования сталкиваются в одном месте и в одно и то же время. И только недавно детальный анализ показал, что часто это не так. Но термин «физическое» пока сохранился, так как суть требования он передает достаточно точно. Так для чего все-таки ищут ФП?

— Физическое противоречие переводит задачу на уровень конкретного физического эффекта, который нужно использовать, чтобы получить идею решения.

— Какую задачу в ситуации с лодкой Робинзона вам предлагали решать?

— Как тащить лодку.

— А потом?

— Как поднять лодку.

— А какую вы в конце концов решали?

— Как опустить корму, чтобы нос поднялся...

— А в задаче о мешалке для стали?

— Из чего ее сделать — чтобы не плавилась и недорогая...

— А над чем в конце концов задумались?

— Как ее обмазать шлаком...

— Еще вопросы на эту тему или уже понятно, к чему они?

— Понятно: исходная ситуация предлагает нам решать одну задачу, а мы в конце концов решаем какую-то совсем другую, чисто физическую...

— На одном из первых семинаров по изучению ТРИЗ кто-то сказал: «Начальник вызывает и говорит: «Там что-то не ладится, идите, разберитесь и исправьте!». Поэтому исходная ситуация называлась когда-то в ТРИЗ «административным противоречием»: когда что-то плохо, надо сделать лучше, но как — никто не знает. Причем многие уже пытались решить задачу, они загнали ее в тупик, подают ее вам в тупиковой формулировке, и часто им подсознательно хочется, чтобы вы ее тоже не решили — ведь они специалисты, профессионалы, и есть самолюбие... Поэтому так важен этап анализа исходной ситуации и выявления технического противоречия. И еще несколько вопросов: сколько элементов бывает в ситуации, с которой обычно начинается задача?

- Ой, много!
- А в мини-задаче на шаге 1?
- Мало: три-четыре.
- А в ТП?
- Всего два.
- А в ФП?
- Всего один.
- И для кого вы ищете решение?
- Для него, одного-единственного.
- Значит, варианты решений, связанные с использованием других элементов, из зоны поиска выпадают?
- Значит, выпадают... Получается: чем меньше элементов, тем меньше вариантов решений...
- Это количественно. А качественно?
- А качественно они нацелены на разрешение конкретного физического противоречия, т.е. на решение конкретной физической задачи на основе определенных физэффектов...
- И все?
- И все. А что еще?
- А еще вы забыли идею, ради которой боролись: добиться *идеального конечного результата*. И поэтому качественно ваши идеи, как правило, всегда очень сильны. Во-первых, потому, что они максимально приближены к ИКР, а все остальные вы по до-

роге отсеяли. А во-вторых, сформулированное ФП очень четко обосновывает определенные требования, которые нужно удовлетворить, чтобы реализовать ИКР. А для реализации ИКР нужно использовать вещества с вполне конкретными свойствами, которые можно сформулировать на основе ФП. И более того: алгоритм требует найти такие вещества прежде всего внутри системы и предлагает правила для их поиска.

Так что *«ТРИЗ превращает производство новых технических идей в точную науку; технология решения изобретательских задач — вместо поиска вслепую — строится на системе планомерных вычислений и операций»* (Г.С. Альтшуллер. 1979) И если вы освоите эту технологию, то при встрече с любой проблемой — не только технической — вы будете вооружены стилем мышления хорошего изобретателя. Творческим стилем.

Глава 10.

Законы природы и принцип действия системы

Принципы действия всех искусственных объектов, созданных для удовлетворения потребности человека, реализуются с помощью известных законов природы. На примере поиска решения нескольких задач по АРПС исследуются возможные варианты применения законов физики, химии и математики для получения идеи решения, предлагаются некоторые методы выхода на наиболее перспективные решения и оценки этих идей.

Немного физики, немного химии...

В гл. 5, исследуя историю развития объекта, мы от костра добрались до лампы дневного света. Такие экскурсии в прошлое проделывали мы на самых разных занятиях в самых разных аудиториях с самыми различными объектами: ручками, домами, транспортными средствами, инструментами, станками, даже с джинсами и носками. Выяснилось, что вещей неинтересных в мире нет! Даже история такой прямой железной палки, какой выглядит железнодорожный рельс, полна не только драматических, а часто и трагических событий. Нужно было решить кучу проблем: материал, про-

филь сечения, технология изготовления, способ крепления к полотну, стыковка между собой... Для первой железной дороги в Англии рельсы отливали из чугуна. Длина одной отливки — 1 м. И 2000 отливок на 1 км дороги! Понятно, что так долго продолжаться не могло. Metallургическая промышленность получает мощный стимул для развития способов производства и обработки металлов, растут мартеновские печи, появляются прокатные станы. Для их изготовления нужны металлообрабатывающие станки и инструменты, методы анализа и контроля, новые приборы и материалы...

При прокладке первых телефонных линий в США в качестве изоляторов на столбах для проводов использовались... горлышки от стеклянных бутылок. Изоляция на проводах (резиновая, лаковая) и керамические изоляторы появились позже. А вместе с ними и родилось материаловедение — наука, изучающая свойства различных материалов и возможность их применения.

Кстати, к каждому телефонному аппарату тянули два провода. Есть фотографии нью-йоркских улиц тех лет — конец XIX — начало XX вв. Представляете себе эту паутину!? Изготавливать тонкие многожильные провода еще не умели, как не умели «уплотнять» каналы связи — сейчас тысячи абонентов разговаривают по одному проводу, не мешая друг другу. Все чаще вместо металлических проводов используют оптоволоконные — тончайшие стеклянные нити, по которым идет свет, лазерный луч... А как изменили мир мобильные телефоны, не привязанные к проводам!

На одном из семинаров слушатели предложили в качестве объекта рассмотреть лампочку накаливания. Проследивая историю лампочки, мы заново столкнулись с проблемами, которые возникли полторы сотни лет назад. Тогда это были **проблемы!** Сейчас для их решения достаточно знаний физики на уровне средней школы. И некоторого знания ТРИЗ... Поэтому обратимся к истории лампочки и проанализируем, как при ее создании использовались законы природы.

Сразу договоримся, что будем рассматривать лампочку как источник местного освещения. И только. Тепло от ее горения, спектр

излучения, другие эффекты оставляем пока в стороне. Зато в полном объеме используем *ТРИЗный метод анализа каждого изменения объекта: потребность — основная функция — принцип действия системы — конструкция — новые требования — возникновение технического противоречия — формулирование и разрешение физического противоречия — новое конструктивное решение — новые требования...*

Возможность использовать свечение электрической дуги в качестве источника света отметил еще в 1802 г. русский академик В.В. Петров. Но прошел не один десяток лет, прежде чем дуга действительно «заработала» в прожекторах.

Впрочем, работала она плохо. Чтобы зажечь дугу, два электрода, расположенные друг против друга, сближали с помощью специального механизма. Когда дуга зажигалась, электроды разводили на расстояние, при котором дуга давала максимальную яркость. Но дуга «выгрызала» торцы электродов (на этом принципе, кстати, основана электродуговая сварка), расстояние между ними увеличивалось, и дуга рвалась — гасла.

Приходилось все время сдвигать электроды. Началась разработка регуляторов, которые сохраняли бы постоянное расстояние между электродами. Один электрод, например, все время перемещался винтом, винт вращался от пружины или отдельного двигателя. Не получалось. Дуга — ребенок капризный, стабильного режима не имеет.

Вот и первое задание (**задача 1**): *предложить идею датчика для автоматического регулирования длины дуги*, при этом желательно не забыть, что дело было 150 лет тому назад.

(Принцип автоматического регулирования поясним на таком примере. Необходимо, например, поддерживать в помещении температуру $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Для этого в качестве датчика температуры используется двухпозиционный термометр, который замыкает контакты при температуре 19 и 21°C . Схема управления нагревателем строится таким образом, что при замыкании контактов « 19°C » нагреватель включается, а при замыкании контактов « 21°C » — выключается. Ваша задача — найти параметр, связанный с длиной

дуги, и на его основе предложить идею датчика для автоматического регулирования расстояния между концами электродов.)

Но электроды все равно сгорают, и их необходимо менять. Понятно, что чем длиннее электрод, тем реже его нужно менять. Но с увеличением длины электрода возрастает длина всего аппарата (типичное ТП, не правда ли?). Как быть? Это — **задача 2**.

С этими задачами столкнулся в начале 1870-х годов начальник телеграфной части Московско-Курской железной дороги П. Н. Яблочков. Как-то ночью ему пришлось промучиться с прожектором на передней площадке паровоза, освещая полотно железной дороги для царского поезда. Сходя утром с паровоза, он понял, что не успокоится до тех пор, пока не сконструирует стабильный источник света.

Регуляторы долго не получались. Историки рассказывают, что решение пришло к Яблочкову, когда он вертел в руках два карандаша, сближая их и разводя. Можно предположить, что ход мысли был таким: «Дуга горит между торцами электродов. Между ними должно быть определенное расстояние. Когда часть электродов сгорит, такое же расстояние должно стать между следующими частями электродов. Потом — между следующими. И так — на всей длине электродов. Может, такое расстояние должно не стать, а быть?! Заранее?!». И Яблочков, сведя карандаши на «нужное расстояние» (рис. 10.1), поставил их на столе параллельно друг другу.

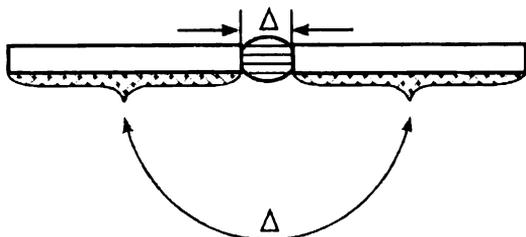


Рис. 10.1

Идеальное решение: регулятора нет, а функция его выполняется!
(Вообще—то это должно было быть **задачей 3...**)

Но дуга на идеальное решение ответила весьма оригинально: она *сбежала вниз по электродам и перегрызла их у основания!* Яблочков задумался. Вы тоже — ведь это **задача 4**. Когда Павел Николаевич заставил дугу спускаться «как надо», возникла еще одна задача: *электрод, к которому подключали +, сгорал быстрее, дуга перекашивалась, ее длина опять росла, и дуга опять гасла*. Здесь есть минимум три решения, все годятся. Найти их — **задача 5**.

И наконец, последняя задача, пожалуй, самая сложная. Расстояние между электродами-карандашами было выбрано таким образом, чтобы дуга при определенном напряжении сети горела в оптимальном режиме. Но при данном напряжении и таком расстоянии дуга сама не загоралась! Для этого нужно или сблизить электроды, или увеличить напряжение в момент включения.

Сблизить электроды, как вы понимаете, было нечем. Обеспечить скачок напряжения можно, но это опять-таки сильно усложняло схему и плохо отражалось на работе остальных элементов цепи.

Яблочков опять нашел красивое решение: он установил между концами электродов тоненькую перемычку. В момент включения она сгорала, поджигая дугу.

И что, свечу можно включить только один раз? Не устанавливать же перед каждым включением перемычку?!

Вопрос поставлен абсолютно правильно. Это и есть **задача 6**: *Предложите принципиальную идею многократного включения свечи*. Хорошо бы получить ИКР...

«Русский свет!» — назвали свечу Яблочкова на Всемирной Парижской промышленной выставке 1878 г. «Русский свет!» — повторяли парижане, собираясь вечером на набережной Сены в ожидании, когда разом вспыхнут все фонари.

Конечно, это далеко не все задачи, которые пришлось решать Яблочкову, зажигая свою свечу. Как, например, подать ток на электроды? Ведь свечи придется менять после того, как они сгорят. Каким должен быть выключатель на одну свечу? На несколько свечей? Ведь сила тока прямо пропорциональна их ко-

личеству. Как защитить цепь от замыканий? И еще множество других проблем, чтобы создать работоспособную сеть местного освещения.

Электрическая свеча горела, затмевая огонь восковых свечей, керосиновых ламп и газовых рожков. Но для трезвомыслящих специалистов, а Яблочков тоже принадлежал к их числу, недостатки свечи были слишком очевидны: наличие открытого пламени, испарение электродов и обмазки, небольшой срок службы...

Меняясь в деталях, электрическая лампочка накаливания по принципу действия за 100 лет существования практически не изменилась. Это совсем не значит, что при ее создании и потом не возникало никаких проблем.

Они, безусловно, были. Давайте представим себя изобретателями лампочки (вместо Эдисона и Лодыгина) и подумаем, какие могут возникнуть технические трудности и как с ними бороться.

Проблема №1, без сомнения, *это подбор материала нити накаливания*. Вы, вероятно, не забыли, что после выбора принципа действия системы идет выбор рабочего органа. Эдисон в поисках подходящего материала перебрал около 6000 вариантов (данные о Лодыгине неизвестны).

При всей своей гениальности и огромной результативности (Эдисон получил более 1000 патентов!) методы, которыми пользовался Эдисон в поисках идеи, были крайне непроизводительны. Широко известна их оценка талантливым чешским ученым и изобретателем Николой Теслой, который некоторое время работал в лаборатории Эдисона: «Если бы Эдисону понадобилось найти иголку в стоге сена, он бы не стал терять времени на то, чтобы определить наиболее вероятное место ее нахождения. Он немедленно с лихорадочным прилежанием пчелы начал бы осматривать соломинку за соломинкой, пока не нашел бы предмета своих поисков. Его методы крайне неэффективны. Он может затратить огромное количество времени и энергии и не достигнуть ничего, если только ему не поможет счастливая случайность. Вначале я с печалью наблюдал за его деятельностью, понимая, что небольшие творческие знания и вычисления сэкономят бы ему 30% труда.

Но он питал неподдельное презрение к книжному образованию и математическим знаниям, доверяясь всецело своему чутью изобретателя и здравому смыслу американца».

Справедливости ради нужно отметить, что в то время свойства материалов, тем более в такой новой и специфической области знаний, как нагрев электрическим током, были мало известны. Исследования тех лет легли в основу таблиц, которыми мы сейчас пользуемся.

Интересно, *а как бы вы*, уже имея «небольшие творческие знания», *искали иголку в стоге сена?*

Попробуем применить полученные знания и повысить производительность интеллектуального труда. Для этого, очевидно, нужно рассмотреть *нить лампочки как элемент нескольких надсистем: нить и источник энергии (электрический ток); нить и внешняя среда; нить и зрение человека*. Ограничимся пока этим, хотя число систем можно продолжить. Например, нить и возможности производства — технология, стоимость и т.д.

Итак, каким требованиям должна удовлетворять нить накаления с точки зрения источника энергии? Чтобы выполнялась *основная функция* (излучать световую энергию), *используется принцип действия* — преобразование электрической энергии в оптическую нагревом рабочего тела до высокой температуры, при которой оно начинает светиться. Основной показатель здесь, как для всякого преобразователя энергии, это коэффициент полезного действия — КПД. Не менее важен и относительный параметр — количество световой энергии с единицы поверхности рабочего тела.

Нить и внешняя среда — это возможность максимального применения объекта с точки зрения его совместимости с другими системами, его безопасность при эксплуатации и ремонте, экологичность и другие параметры.

Нить и зрение человека — это спектр излучения рабочего тела, соотношение спектральных составляющих, их соответствие солнечному свету.

Анализ можно продолжить. Что он дает? *Чем шире представление об объекте, тем больше ограничений мы на него накладываем,*

тем меньше поле поиска и проще выбор. А сколько времени и средств экономится! Ведь мы реальные эксперименты заменяем мысленными!

Что же в конце концов нам нужно от нити накаливания? С небольшой поверхности — высокую яркость свечения видимого спектра излучения, при этом рабочее тело не должно терять механическую прочность. Чтобы электрическая энергия расходовалась на рабочем теле, а не в проводах, его сопротивление должно быть в сотни и тысячи раз больше сопротивления проводов. Круг сузился до предела. Внутри него — материалы с высоким удельным сопротивлением, высокой температурой плавления и высокой механической прочностью. Справочники предлагают или керамику, или группу металлов: никель, хром, кобальт, молибден, вольфрам. Керамика оказалась неподходящей по спектру излучения и КПД, кроме того, ненадежной с точки зрения механической прочности (при перегреве иногда взрывалась). Из металлов самым подходящим оказался вольфрам. И практически до настоящего времени он остался основным материалом для нитей накаливания.

Слишком подробно и немножко нудно? Ничего не поделаешь, это и есть серые трудовые будни науки. Без них любая самая красивая идея остается только красивым мыльным пузырем. Конечно, 150 лет назад свойства материалов проводить электрический ток были практически неизвестны и только изучались. Поэтому выйти сразу на нужный материал Эдисон не мог. Но проделать такой элементарный анализ, как только что мы с вами, мог и должен был.

И тут возникает естественный вопрос: можно ли успешно решать любые технические задачи, не обладая знаниями в соответствующих областях? И вообще нужно ли «предварительно» знать, что соответствующий физэффект существует?

Частично ответ на эти вопросы дает *структура АРПС*, шаги которого отличаются от шагов АРИЗ-85В именно требованием *начала четко сформулировать свойства вещества, которое должно разрешить физическое противоречие, и только потом искать подходящий физэффект, в котором эти свойства могут быть реализованы.*

Конечно, знать все невозможно, поэтому при решении сложных узкоспециализированных задач нужно обязательно обращаться к специалистам. Как правило, получив точный и подробный перечень требований, специалисты достаточно легко и быстро предлагают ряд физических эффектов, которые могут реализовать эти требования. И кстати: еще в 1973 г. Юрий Васильевич Горин, один из первых и лучших учеников Г.С. Альтшуллера, проанализировав несколько тысяч описаний изобретений, составил *Указатель физических эффектов и явлений* — одну из ценнейших составных частей информационного фонда ТРИЗ. В этом Указателе систематизированы различные физэффекты, порой достаточно «тонкие», даны рекомендации, какие эффекты — или их сочетания — можно применять для решения различных технических проблем, и приведены примеры таких решений.

Аналогичный фонд применения химических эффектов, содержащий более 1000 примеров, собрал еще один из первых тризовцев — Валерий Алексеевич Михайлов, кандидат химических наук, доцент Чебоксарского университета.

Так что, конечно, чем больше вы знаете, тем легче вам понять физическую сущность процессов и явлений, создающих проблемную ситуацию. А без такого анализа выйти на ИКР не удастся...

А вообще-то основной недостаток нашей системы образования как раз и заключается в том, что знания нам дают, но не учат, как их можно применять...

Вот простая задача — «*О заготовке для труб*». Существует способ изготовления труб, особенно большого диаметра, из прокатного листа. Для этого заготовку раскатывают в лист, а потом сворачивают в трубу (или в две половинки) и сваривают. Здесь и возникает проблема: чтобы получить лист нужной площади и толщины, заготовка должна иметь строго определенный объем. А отрезают ее от болванки, которая не всегда имеет правильную форму. Приходится отрезать больше, взвешивать, а потом убирать лишнее. Отнимает эта процедура много времени, да и отходов получается много. Как быть?

Принцип решения таких задач, на которые до сих пор выдаются вполне серьезные авторские свидетельства, был предложен еще две тысячи лет назад жителем г. Сиракузы гражданином Архимедом. Он заметил, что уровень воды в ванне поднимается на столько, сколько занимает объем его тела. Остается вовремя остановиться и отметить уровень воды, соответствующий необходимому объему заготовки, на самой болванке. ИКР — жидкость может сделать это сама. Для чего ее достаточно слегка подкрасить, а потом отрезать заготовку по линии, которую оставила подкрашенная жидкость на поверхности болванки.

Вернемся к задачам дугового прожектора — прообраза свечи Яблочкова. При горении дуги (**задача 1**) концы электродов обгорали, расстояние между ними увеличивалось, и дуга рвалась — гасла. Требовалось предложить идею датчика для автоматического регулирования длины дуги.

В чем был основной недостаток механических регуляторов? В том, что дуга горела сама по себе, а регуляторы крутились, сдвигая электроды, сами по себе. *Не был согласован ритм работы частей системы.* Отсутствие этого согласования сразу вылезает наружу, как только мы сформулируем *ИКР: дуга должна сама регулировать свою длину.* Иными словами, между одним из параметров дуги и регулятором (его еще называют — исполнительный механизм) должна существовать четкая обратная связь. Если, например, мы хотим регулировать длину дуги по расстоянию между контактами, нужно установить «датчик расстояния», который будет включать подкручивающий двигатель. Но как определять это расстояние — оно ведь все время меняется? И какой датчик выдержит такую температуру?

Можно регулировать длину дуги по изменению яркости — для этого нужен чувствительный датчик светового потока. Сейчас их много, особенно полупроводниковых, но в то время фотоэффект Столетова еще не был открыт.

Проще всего — с точки зрения элементарной физики — рассматривать дугу как участок электрической цепи, через который идет ток и который имеет свое сопротивление с соответствующим па-

дением напряжения. Эти три величины связаны одним из самых известных законов электротехники — законом Ома.

Дуга — это нагрузка цепи, на ней падает основная часть напряжения. При увеличении расстояния между электродами сопротивление участка увеличивается, что приводит к уменьшению силы тока. Соответственно — при уменьшении расстояния величина тока растет. Эти отклонения еще 140 лет назад можно было ловить приборами и использовать для включения-выключения двигателя. И — никаких проблем сейчас, в век электроники.

Теперь попробуем удлинить электроды, чтобы увеличить время их горения, не увеличивая размер всего устройства (**задача 2**). И техническое, и физическое противоречия здесь сформулированы предельно ясно, поэтому применять для поиска решения такое мощное оружие, как АРПС, нет смысла. Используем другой метод: так называемое *ТРИЗное «картэ»*.

В задаче о техническом водопроводе мы заметили, что производительность «обдиралки» и ее размеры взаимосвязаны. Такая взаимосвязь составляет суть ТП, и она существует в любой задаче. В свое время Г.С. Альтшуллером и его учениками был составлен перечень взаимосвязанных показателей: вес, мощность, размеры, производительность, удобство эксплуатации и т.д. — всего 39 параметров. С их помощью удалось (на это «удалось!» ушло 15 лет!) составить *таблицу типовых приемов разрешения технических противоречий*.

Анализируя патентный фонд, Г.С. Альтшуллер сделал ошеломивший его самого вывод: в разных областях техники задачи решаются одинаково! *Нет задач «авиационных» и «кондитерских», т.е. функциональных. Нет задач «механических» и «электрических», т.е. структурных.* Эти признаки для классификации изобретательских задач не годятся. *Есть один общий критерий: прием, с помощью которого можно разрешить техническое противоречие!*

И начались поиски типовых приемов. Для начала было отобрано 40 000 сильных решений. Их анализ позволил сформулировать 35 приемов.

Вдумайтесь в это соотношение: 40 000 задач — и всего 35 приемов! Казалось, можно вздохнуть с облегчением и праздновать по-

беду: то, над чем бились десятки и сотни исследователей методики технического творчества (кстати, наука о методах поиска новых технических решений давно называется эвристикой), обнаружено и сформулировано!

В основе периодической таблицы Менделеева — атомная масса элементов: параметр абсолютно объективный. В основе отбора и формулирования приемов — тоже объективный параметр: способ разрешения технического противоречия.

Дальше процесс решения представлялся так: в задаче выявляется противоречие, для разрешения которого методом перебора находят подходящий прием.

Но часть задач выявленными приемами не решалась. Значит, рассуждали исследователи, мы обнаружили еще не все приемы. Были отобраны еще 15 000 задач с сильным решением. Их анализ дал всего 5 новых приемов.

В настоящее время в информационном фонде ТРИЗ — 40 приемов устранения технических противоречий¹². Большинство из них детализировано и раздроблено на 2–3 подприема (всего приемов с подприемами — около 100).

И тут появилось свое диалектическое противоречие: чтобы успешнее решать каждый тип задачи, приемов должно быть много, и они должны быть максимально специализированы. Но чтобы сократить время и число перебираемых вариантов и охватить как можно больше задач, приемов должно быть минимальное количество, т.е. каждый из них должен быть универсальным.

Представляется, что именно на этом этапе был сделан один из самых важных шагов по формированию ТРИЗ как науки: не цепляясь за результат, полученный с таким трудом, исследователи сумели осознать, что приемы — только часть методов, с помощью которых можно решать задачи. Причем часть, наверное, наиболее консервативная, не имеющая диалектического развития. И поняв это, пойти дальше — к алгоритму решения задач.

¹² — Основные приемы устранения технических противоречий см., например, <http://www.triz.natm.ru/instrum/40priem.htm>

Правда, приемы не остались совсем заброшенными... Работать с приемами трудно по двум причинам. Во-первых, ни один прием не укажет прямо, каким должен быть принцип действия нужного вам устройства. Он только подсказывает, в каком направлении лучше всего искать решение.

И второе: приемов много. Как выбрать тот, направление которого «лучше всего»?

Для этой цели была составлена *таблица использования основных приемов устранения технических противоречий*¹³. Откройте ее и посмотрите первый левый столбец и верхний горизонтальный ряд. Обозначения в них — от 1 до 39 — полностью совпадают. Это, как вы уже поняли, взаимосвязанные параметры. В клеточках на поле таблицы проставлены числа от одного до сорока. В каждой клеточке одно, два, три, а то и пять чисел. Это — номера приемов.

Как решать задачи с помощью таблицы? Прежде всего, получив условие задачи, вы определяете, что нужно в ней изменить: увеличить, уменьшить, ускорить, замедлить и т.д., и находите нужную строчку в вертикальном столбце. Кстати, вариантов решений — таких строчек — может быть несколько, и все их надо рассмотреть. Потом для каждого изменяемого параметра (для каждой строчки) вы выясняете, что недопустимо изменяется, и находите эти параметры в верхнем горизонтальном ряду. Записываете номера приемов, которые находятся в клеточке на пересечении строки и столбца в том порядке, в котором они даны. Именно в этом порядке следует рассматривать приемы для поиска решения.

Если у вас несколько вариантов сочетания параметров, выпишите те приемы, которые встречаются чаще всего, и начинайте поиск решения с них.

В качестве примера можно рассмотреть *задачу о мешалке для расплавленной стали*. Вы, конечно, ее помните. Давайте попробуем решить эту задачу по таблице приемов.

Итак, во время работы мешалки происходит ее растворение. Можно сказать, что *нужно повысить продолжительность действия подвижного объекта* (строка 15), *так как происходят недопустимые*

¹³ — <https://www.altshuller.ru/triz/technique2.asp>

потери вещества (столбик 23). На пересечении получаем приемы: 28, 27, 3, 18.

Если вспомнить, что мешалку из обычной стали пытались заменить жаропрочной, но эта замена резко повышала стоимость устройства, то задачу можно сформулировать так: нужно уменьшить потери вещества (строка 23), но при этом недопустимо возрастает сложность устройства (параметра стоимости нет, и ее можно рассматривать как сложность) — столбец 36. Получаем приемы: 35, 10, 28, 24.

Прием 28 «Принцип замены механической схемы» встречается дважды. Начнем с него.

Подприем 28а советует нам заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой», иными словами, перенести принцип действия системы на микроуровень. Совет был бы хорош, если бы наша задача была на «измерение» или «обнаружение». Хотя... Интересно, есть ли способ перемешивания с помощью ультразвука? Ведь подприем 28б прямо советует использовать поле — магнитное или электромагнитное — для взаимодействия с объектом.

Решение слишком сложное — нужно менять всю систему. Но его можно использовать при новом проектировании...

Прием 27 «Принцип дешевой недолговечности взамен дорогой долговечности» как раз у нас и присутствует. Он тоже не подходит.

Прием 3 «Принцип местного качества» уже дает недвусмысленный намек:

- 3а — структура объекта должна быть неоднородной;
- 3б — разные части объекта должны выполнять различные функции;
- 3в — каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

Да... С одной стороны, похоже на рисунки из серии «Что бы это значило?». С другой — попробуем разобраться.

Согласно рекомендациям приема 3, однородную мешалку нужно сделать неоднородной, чтобы каждая часть выполняла свои функции в наиболее благоприятных условиях. Пойдем от

противного. Наиболее *неблагоприятные условия* — на поверхности мешалки, которая контактирует с расплавом стали. Значит, поверхность должна контактировать и не плавиться. Наверное, идею сделать мешалку с покрытием из жаропрочной стали или из керамики можно было найти без приемов, но работать такие мешалки не будут: покрытие из жаропрочной стали все равно передаст тепло внутрь, и от всей мешалки очень скоро останется только ее жаропрочная оболочка... Керамическая мешалка температуру выдерживает, но при перемешивании вязкой стали ломается. Для прочности ее нужно армировать, т.е. вводить внутрь стальной стержень — условно говоря, создавать железобетонную мешалку.

Но мы еще не проверили, что советует прием 24 «Принцип посредника». В качестве посредника, т.е. промежуточного объекта, который можно на время присоединить к мешалке и который не будет передавать действие температуры расплава стали на поверхность мешалки, может выступать твердый шлак. Но как об этом догадаться?!

Как видите, с приемами работать действительно тяжело. Нужен большой опыт решения задач, чтобы переводить намеки рекомендаций приемов в принципы действия механизмов. Но *овладеть приемами надо, за ними стоят способы реализации законов развития технических систем*. Это первое. И главное. Второе, тоже очень важное: *за приемами стоит весь огромный мир техники — от простейших рычагов до тончайших физических эффектов*. Формально это уже другие разделы информационного фонда — указатель физических эффектов и явлений, а также указатель геометрических эффектов. Но фактически их разделить невозможно, большинство приемов можно реализовать только с помощью физических и геометрических эффектов.

Попробуем использовать типовые приемы устранения ТП для поиска решения **задачи 2** — о длинных электродах. Самая подходящая строка — третья: «Длина подвижного объекта». Самый подходящий столбец — седьмой: «Объем подвижного объекта» (в восьмом столбце — прочерк). Рекомендуемые приемы: 7, 17, 4, 35.

Что они нам предлагают? «Матрешку» — один объект размещен внутри другого объекта, который в свою очередь находится внутри третьего и т.д. (7а), или один объект проходит сквозь полость в другом объекте (7б). Электрод в виде телескопической антенны — теоретически вполне подходящее решение, но реализовать его практически будет довольно сложно.

Прием 17 рекомендует обеспечить возможность перемещения или размещения объекта в пространстве в трех измерениях (17а), а также использовать многэтажную компоновку вместо одноэтажной (17б). То же самое, только намекая значительно более тонко, предлагает сделать прием 4: «Перейти от симметричной формы объекта к асимметричной». Если принять за ось симметрии линию дуги и электродов, то намек можно понять так: электрод должен изогнуться. Но он же прямой, жесткий! Так последуйте совету приема 35 и сделайте его гибким, динамичным. Тогда вы получите то, что происходит все чаще и чаще — комплексное решение.

Еще какие-то неясности? Плохо представляете себе, как это выглядит? Разорванная велосипедная цепь, смотанная в спираль. Катушка проволоки. В конце концов электрод, выполненный в виде спиральной пружины. Но тогда его нужно будет не просто подавать в зону дуги поступательно, а еще и вращать. А еще можно перемещать ввинчивая, тогда поступательное и вращательное движения совмещаются. Как в резьбе.

С этой задачей очень сходна **задача 5**: при разной скорости сгорания электродов (положительный сгорает быстрее отрицательного) получить постоянную длину дуги.

Первый вариант напрашивается сразу: пусть плюс и минус меняются местами, тогда оба электрода будут сгорать одинаково. Но в те годы переменный ток получать и использовать умели плохо. Поэтому давайте формулировать противоречие для постоянного тока.

Если рассматривать процесс сгорания электрода как его расплавление и испарение, то одно физическое противоречие можно сформулировать так: дуга должна вызывать повышенное расплавление электрода и при этом увеличение расплавления не должно

происходить за счет длины. А за счет чего же? А за счет ширины, т.е. площади поперечного сечения. Короче говоря, положительный электрод должен быть толще.

А если все-таки попытаться сохранить толщину электродов одинаковой? Тогда ФП нужно формулировать иначе: положительный электрод должен быть длиннее отрицательного, и в каждый момент времени горения дуги их верхние концы должны находиться на одинаковом расстоянии друг от друга.

Чтобы наглядно увидеть лучшее решение, сделайте мысленный эксперимент. Поставьте на столе рядом два карандаша, как в свое время это сделал Яблочков. Теперь представьте, что один карандаш наполовину короче другого. А вам нужно, чтобы их верхние концы были на одном уровне. Обычный инженер опускает нижний конец длинного карандаша вниз и постепенно, по мере сгорания верхнего конца, подталкивает его наверх, для чего ставит специальный регулятор, т.е. опять усложняет систему... Специалист, знающий ТРИЗ, формулирует противоречие: *длинный карандаш должен располагаться на одном основании с коротким карандашом и занимать такую же высоту, как и короткий*. Для этого он давит на верхний торец длинного карандаша, чтобы прижать его. Что, не идет? Почему? Твердый? Тогда плохо, где-то в вашем сознании еще сидит психологическая инерция. Ведь вам никто не мешает *представить* карандаш резиновым (или термины все-таки помешали?!), такой можно легко прижать.

Одно требование мы выполнили. Но у нас образовалось «пузо» — лишняя часть длины торчит в сторону, и расстояние между частями «пуза» и вторым электродом стало переменным. А должно быть постоянным, одинаковым, равным расстоянию между концами электродов. Что делать? Будем загибать «пузо» вокруг отрицательного электрода, сохраняя положение верхних концов на одном уровне. В результате *положительный электрод обходит отрицательный по окружности, образуя спираль*. ФП разрешено полностью!

Такое решение предложил П. Н. Яблочков. На контрольный ответ можно было выйти и с помощью приемов: «Матрешка» (при-

ем 7) — отрицательный электрод расположен внутри положительного, в результате конструкция получается объемной (прием 17).

Над четвертой задачей вы еще думаете? Уже решили? Понятно, ведь пара намеков была сделана.

А все-таки разберем задачу еще разок, без «озарений», действуя по правилам. Прежде всего, как положено, разберемся, почему дуга падает вниз. А потому, что она все время находится между проводниками — наружными поверхностями электродов, которые имеют сопротивление. А так как электрическая цепь всегда стремится замкнуться по участку с наименьшим сопротивлением, то дуга сбегает вниз и останавливается у основания электродов — «на полу», который сделан из изолятора.

Задачу можно решить разными способами. При нашей подготовке достаточно хорошего логического анализа: если поднять «пол» выше, то и дуга остановится выше. Поднимем «пол»-изолятор до верхних концов электродов — дуга загорится и никуда не упадет. Первая часть задачи решена: пространство между электродами нужно заполнить изолятором, и по мере сгорания электродов уровень «пола»-изолятора тоже должен понижаться. При идеальном решении — понижаться сам. Воздействовать на изолятор может только дуга, точнее, ее температура, других ресурсов нет.

Отсюда вторая часть решения: состав изолятора должен обеспечивать его сгорание со скоростью сгорания электрода. Подобрать такой состав специалисту по керамике — не проблема.

По свече Яблочкова остается **задача 6** — самая сложная. Применим к ней АРПС. Так как условие уже фактически сформулировано, перейдем сразу к первой части.

Шаг 1. ТС для зажигания дуги состоит из электродов, керамического изолятора между ними и проволочной перемычки, замыкающей электроды. После первого включения свечи перемычка сгорает и, чтобы обеспечить повторное зажигание дуги, необходимо установить между электродами новую перемычку, но делать это каждый раз технически сложно.

Схема задачи:

ОФ — замыкание электродов свечи для зажигания дуги.

ПД — установка проволочной перемычки между электродами. Заменяем термин «проволочная перемычка» понятием «перемыкалка».

Состав системы — электроды, изолятор.

НЭ₁ — невозможность повторного зажигания дуги.

СУ — установить новую перемыкалку.

НЭ₂ — сложность установки новой перемыкалки.

ТП₁: $SU \rightarrow \overline{HЭ_1} \rightarrow HЭ_2$.

Если устанавливать новую перемыкалку, то устраняется невозможность повторного зажигания дуги, но возникает сложность с ее установкой.

ТП₂: $\overline{SU} \rightarrow \overline{HЭ_2} \rightarrow HЭ_1$.

Если новую перемыкалку не ставить, то сложности с ее установкой не возникают, но сохраняется невозможность повторного зажигания дуги.

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи.

$\overline{SU} \rightarrow \overline{HЭ_2} + \overline{HЭ_1}$.

Необходимо, не устанавливая каждый раз новую перемыкалку и тем самым не усложняя систему, обеспечить возможность повторного зажигания дуги.

Шаг 3. Оперативная зона (ОЗ): поверхность изолятора между электродами.

Шаг 4. Оперативное время (ОВ): $T = T_1 + T_2 + T_3$, где конфликтное время T_1 — время включения дуги (сгорания перемычки); T_2 — время от выключения дуги до ее повторного включения; T_3 — время горения дуги.

Шаг 5. М-ФП: промежуток между электродами должен быть проводящим во время поджигания дуги и непроводящим во время ее горения.

Шаг 6. μ -ФП: в промежутке между электродами должны быть проводящие частицы вещества во время поджигания дуги, и таких частиц не должно быть во время ее горения.

Шаг 7. ИКР: Система должна сама обеспечивать наличие проводящих частиц вещества между электродами во время поджигания дуги и непроводящих — во время ее горения.

Как же обеспечить выполнение ИКР? Рассмотрим детально процесс горения дуги после ее первого поджигания: от высокой температуры образуются пары электродов и обмазки-изолятора. После того как дугу погасили, легкие фракции паров улетучились, а тяжелые осели, в том числе и на поверхность изолятора между электродами. Значит, есть слой, нужно только, чтобы он «стал проводящим».

Прокрутим эту цепочку обратно: слой образуется из паров, пары — из материалов электродов и обмазки. Значит, в этих материалах должны быть элементы, которые, сгорая (может быть, реагируя друг с другом в процессе горения при высокой температуре), образуют пары, которые могут осесть и создать тонкую проводящую пленку. Даже не сплошную. Электрики хорошо знают, что пробой воздушного промежутка, особенно на поверхности какого-либо материала, может проходить по «мостикам» из проводящих участков. Именно это свойство использовал Яблочков. Немножко физики, немножко химии...

...и немножко геометрии

— Как строят высокие башни? — спросили однажды Ходжу Насреддина.

— Очень просто, — ответил лукавый Насреддин. — Сначала копают глубокие колодцы, а потом выворачивают их наизнанку.

Они появляются совершенно неожиданно, эти варианты, когда достаточно изогнуть, вывернуть наизнанку, сложить в «гармошку» или в «матрешку», использовать сферичность... И решение, которое на первый взгляд требовало применения сверхъестественных эффектов, в ваших руках.

Как, например, измерить высоту пирамиды Хеопса? Очень просто, говорил Фалес из Милета (625–547 гг. до н.э.): «Когда тень от палки станет равной ее длине, длина тени пирамиды будет равной ее высоте».

А что говорят в нашей эре?

Первый намек на применение геометрического эффекта проскочил еще в задаче Робинзона Крузо, когда мы рассматривали лодку как качели. С точки зрения механики качели — это обыкновенный рычаг: на одном конце груз, на другом конце — сила, а между ними — точка опоры.

В задаче о капризной качалке Сережа Швенк (см. гл. 12), только изменив форму емкости для расплавленного металла, избавился от специального подвижного груза в противовесе качалки.

Сечение крыла самолета или корабля на подводных крыльях несимметрично: нижняя часть ровная, а верхняя — выпуклая. Поэтому поток воздуха или воды, разрезаясь крылом, обтекает его сверху и снизу с разной скоростью: снизу путь короче — и скорость меньше. Наверху путь длиннее — и скорость выше. А чем выше скорость потока, тем меньше давление на поверхность крыла. Разность давлений на крыло снизу и сверху и создает его подъемную силу. По сути дела — только за счет разницы в кривизне поверхностей...

Одно из ФП в задаче о буре хлопка звучало так: каналообразовалка должна быть большой во время создания канала и маленькой во время вытаскивания (под размером понимался ее диаметр).

А ИКР выглядело так: ТС должна сама обеспечивать отделение поверхности каналообразовалки от поверхности хлопка, чтобы устранить трение поверхностей при вытягивании.

Такие формулировки предлагают еще один вариант решения, но уже с использованием геометрического эффекта. Как?

Скатайте листок бумаги в многослойную трубочку. Засуньте в трубочку палец и покрутите кончик бумаги в направлении, в котором сворачивали трубочку. Скручиваясь по спирали, каждый слой бумаги потянет за собой следующий. В результате диаметр трубочки станет меньше, это и есть идея четвертого решения: *«жердь» сделана в виде трубы из скатанного в спираль тонкого листового материала.* Когда ее нужно вынуть, спираль скручивают и уменьшают диаметр «жерди», отделяя ее поверхность от поверхности хлопка.

Но, пожалуй, самые красивые решения — в свече Яблочкова. Их как минимум два: параллельная установка электродов и изгиб положительного электрода, более длинного, по окружности вокруг отрицательного электрода. Хотя, если помните, были и другие варианты, тоже связанные с геометрией.

С применением геометрических эффектов связаны и некоторые идеи одного из авторов данной книги, частью реализованные в авторских свидетельствах.

История одной идеи связана с работой на Одесской областной станции юных техников, где в течение почти 8 лет работал кружок конструирования и изобретательства. Обычно первое задание, которое выполняли ребята 5–6 классов, — модель самодвижущейся тележки. Модель очень простенькая. При некоторых навыках ее можно сделать за час-полтора.

К фанерному основанию при помощи разных железок (обычно деталей «Конструктора») на осях крепили 3 или 4 колеса, электрический микродвигатель, батарейку и выключатель. Вал микродвигателя обыкновенной аптечной резинкой соединяли с одной из осей, на которой были колеса. И устраивали соревнования: на скорость, на длину движения по прямой, на подъем...

Здесь было о чем поговорить: и почему не тянет прямая передача вращения с вала двигателя на ось колес, и почему приходится ставить шкив; что такое вращающий момент, как работает коробка скоростей автомобиля и еще о многом.

Основная тема, конечно же, скорость. Анализируя кинематическую схему автомобиля, все довольно уверенно отвечали: скорость зависит от числа оборотов двигателя и передаточного отношения трансмиссии. Зависимость скорости от диаметра колеса замечали немногие. Приходилось задавать дополнительные вопросы, создавать *детективные ситуации*: «Как, не выключая спидометра, проехать больше, чем он показывает?» (кстати, хороший, хотя и несколько трудоемкий вариант экономии горючего, особенно при холостых пробегах), «Может ли фактическая скорость быть выше той, которую показывает исправный спидометр?» и т.д.

И тут впервые почувствовался, как говорится, «на собственной шкуре», результат многолетней работы с ТРИЗ: идея менять колеса на ходу, во время движения, совершенно естественно перешла в идею о необходимости менять диаметр одного и того же колеса в различных условиях: в зависимости от скорости, несущей способности грунта и угла наклона рельефа. В воображении тут же возникла тележка, которая быстро ехала по ровной твердой дороге на высоких узких колесах. Потом грунт стал мягче, колеса осели, стали ниже и шире. Скорость уменьшилась, хотя двигатель работал на тех же оборотах. Потом пошли бугры и канавы, и перед каждым изменением рельефа соответствующее колесо меняло диаметр, так что тележка все время сохраняла свое горизонтальное положение.

Идея конструкции появилась сразу, как только возникла картинка вращающегося колеса переменного диаметра. Самое смешное, что такое колесо, оказывается, существует лет двести. Нужно только посмотреть на одну хорошо знакомую картинку под другим углом — повернув ее на 90° .

Сейчас и вы засмеетесь. Это центробежный регулятор паровой машины Уатта, только с горизонтальной осью. Оставалось удлинить подвижный рычаг за шарнир (получилась система рычагов, очень похожая на ножницы), соединить свободные концы «ножниц» гибкими и упругими элементами, способными выдерживать вес машины, и понаставить таких ножниц вокруг оси вращения погуще, чтобы между гибкими элементами не было просветов.

Сделать модель такого колеса очень просто. По существу, это китайский фонарик (рис. 10.2).

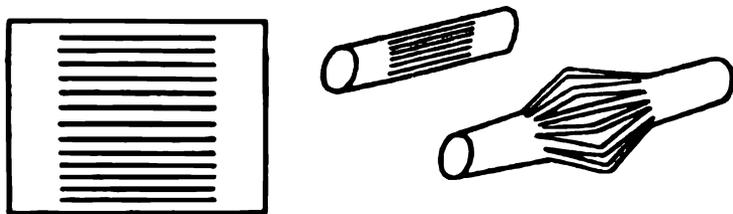


Рис. 10.2

На этой модели прекрасно видно, почему такое колесо не может хорошо работать: как только вы сдвигаете края фонарика навстречу друг другу, разрезанная часть начинает «выпирать», увеличивается диаметр, и между полосками бумаги появляются просветы. Колесо перестает быть круглым, теряя свое главное свойство: способность плавно перекачиваться с точки на точку. Соответственно начинает «прыгать» ось колеса, и вибрация передается всей тележке.

С позиции идеального конечного результата возникающие при увеличении диаметра просветы-промежутки между упругими элементами, образующими наружную поверхность колеса, должны заполняться сами, т.е. теми же упругими элементами.

Попробуйте представить работу колеса на дороге — опорной поверхности. Перекачивание возможно тогда, когда каждая предыдущая точка наружной поверхности колеса находится на одинаковом расстоянии от оси вращения, и все перекачивающиеся точки лежат в одной плоскости вращения. (Для сравнения можно представить себе колесо в виде тонкого диска.)

А теперь вспомните колеса машин-вездеходов с протектором типа «елочка». Ребра елочки сильно выступают над сплошной поверхностью колеса. Чтобы такое колесо не «стучало» по дороге, каждая следующая елочка должна начинаться раньше, чем закончится предыдущая. Опорная точка — точка касания колеса с дорогой — перескакивает с одной «елочки» на другую, а в момент перескока колесо опирается на дорогу обеими «елочками» (рис. 10.3).

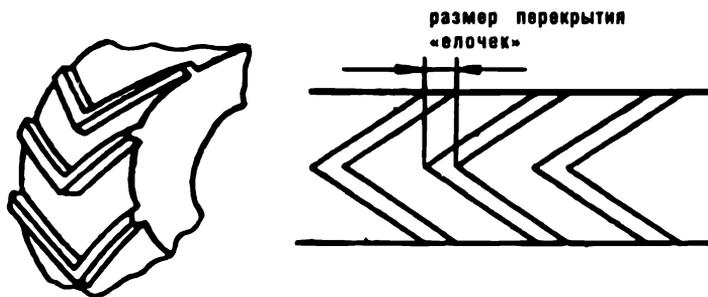


Рис. 10.3

Значит, при увеличении диаметра, чтобы колесо из упругих элементов не прыгало, они должны «передавать» друг другу точку опоры, т.е. располагаться под углом к плоскости вращения. И чем больше диаметр, тем меньше должен быть угол между элементом и плоскостью вращения колеса.

Так сформулировалось физическое противоречие: упругие элементы должны располагаться параллельно оси вращения при минимальном диаметре и перпендикулярно оси вращения при максимальном диаметре.

Опять возьмите в руки фонарик. В растянутом состоянии полосочки средней части вытянуты вдоль цилиндра, параллельно его оси. В сдвинутом состоянии полосочки должны не просто торчать наружу, а повернуться на 90° и расположиться перпендикулярно оси цилиндра. Для этого края, сдвигая навстречу друг другу, нужно поворачивать вокруг оси (рис. 10.4).

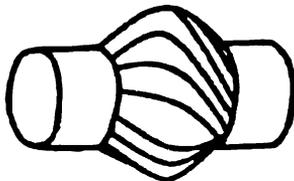


Рис. 10.4

Технически это решается так же, как обеспечивается вращение пули в нарезном оружии: с помощью винтовых канавок, нарезанных в стволе. При движении по стволу пули закручивается вдоль продольной оси и приобретает устойчивость в полете.

Основу колеса составляют рычаги, соединенные как ножницы. На верхних концах установлены гибкие элементы, которыми колесо опирается на землю. А нижние концы должны опираться на вал и иметь возможность одновременно перемещаться вдоль него. При этом каждый рычаг будет не только двигаться вдоль вала, но и поворачиваться. Соединим все нижние концы рычагов шарнирно с муфтами, а муфты посадим на вал. Каждая муфта имеет выступ в

сторону вала. А вал имеет винтовую канавку, в которую входят эти выступы. Поэтому муфты, скользя по валу, разворачивают плоскость шарнирно соединенных между собой рычагов и тем самым поворачивают упругий элемент на их верхних концах относительно оси вала (рис. 10.5).

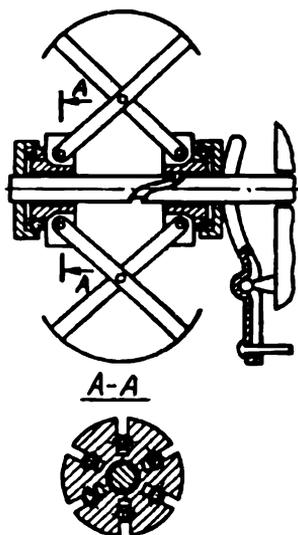


Рис. 10.5

Казалось, задача решена — и принципиально, и конструктивно. И решение вроде неплохое, технически вполне реализуемое. Но тут сын задал вопрос: «А почему бы не соединить *соседние* концы рычагов друг с другом? И не по одному, а накрест? И просветы закроются, и площадь опоры увеличится!».

Воистину сказано: устами младенца (было ему тогда 11 лет) глаголет истина. Конструкция резко упростилась. Теперь поверхность колеса состояла из параллелограммов, загнутых в кольцо и образующих обод, и системы рычагов, изменяющих диаметр колеса за счет изменения длины кольца (рис. 10.6).

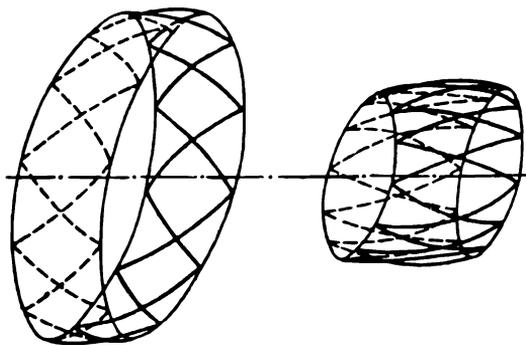


Рис. 10.6

Патентный поиск показал, что изменение диаметра колеса интересует многих, особенно в сельскохозяйственном машиностроении. А также геологов, полярников и космонавтов. И попадались очень интересные конструкции. Нашего варианта — с помощью двуплечих рычагов изменять длину кольца в виде системы параллелограммов — среди известных не было...

Интересно, что шкив переменного диаметра, созданный по такому же принципу для клиноременной передачи, прошел экспертизу довольно быстро — за неполных два года. Идея сделать шкив возникла сразу же, как только решилась конструкция колеса. Причем два варианта: плоскоременной — с опорой ремня по тем же упругим элементам, и клиноременной — используя верхние концы рычагов выше точки их шарнирного соединения.

Здесь возникла еще одна задача: при изменении положения рычагов относительно друг друга изменяется и угол между ними. А сечение клиновидного ремня, естественно, постоянное. Противоречие выявлялось настолько ясно и четко, что разрешить его труда не представляло: так как изменить сечение ремня мы не можем, то нужно изменить форму концов рычагов таким образом, чтобы угол между касательными, проведенными в точке касания ремня с поверхностями рычагов, был всегда одинаковым (рис. 10.7, а.с. 1612166).

Кривая оказалась сложной. Строить ее пришлось чисто эмпирически, по точкам, меняя положение рычагов. Впоследствии профессор математики Пермского университета И. В. Шрагин рассчитал форму поверхности рычагов (Меерович, Шрагин, 1994).

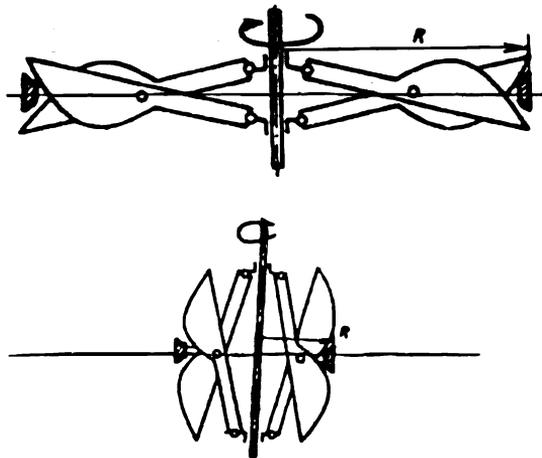


Рис. 10.7

Кстати, и здесь при патентном поиске выявилась масса интереснейших конструкций, в частности два немецких патента на шкивы переменного диаметра за 1900 и 1911 гг. (!!!).

Замечательное занятие — копаться в патентном фонде! Берешь в руки описание изобретения и практически сразу ясно, что двигало автором или авторским коллективом — мука творческая или возможность небрежно бросить: «У меня этих авторских за сотню перевалило!». *И еще одно видишь, когда берешь в руки Идею: как барахтается мысль человеческая, скидывая с себя толстую закорстевшую корку привычных знаний и представлений! Как бьется, разрывая паутину психологических запретов — этого не может быть, потому что не может быть никогда! Как, наконец, вырывается и становится ясной, цельной, без единой лишней детальки — такой, какой и должна быть настоящая Вещь.*

Вещей неинтересных в мире нет! Даже такое на первый взгляд серое однообразие, каким представляются бесконечные километры асфальтовых и бетонных дорог — сущий клад для изобретателей.

Вот несколько примеров.

Что делать с миллиардами изношенных покрышек? Сжигать? Можно отравить атмосферу всей планеты. Перерабатывать? На что? Искусственная резина пока ни на что не пригодна. Шведские инженеры-дорожники предложили добавлять мелко измельченную резину от покрышек в качестве наполнителя в бетон для дорожных покрытий. Новый композиционный материал решил сразу несколько проблем: повысил безопасность движения за счет лучшего сцепления автомобиля с дорогой, уменьшил плотность и стоимость бетона, освободил поверхность Земли от отходов.

Работает на дороге и «геометрия». Большой кусок новой дороги в одном из районов был выложен из прямоугольных бетонных панелей. Стыки между панелями, конечно же, никто не заделал, и были они, естественно, на разных уровнях. Расположены эти стыки перпендикулярно движению машины, и пересекаются они то передней, то задней парой колес одновременно. Возникает стук. Удар колес о стыки не просто мешает пассажирам — он разбивает подвеску машины.

«Это очень сложно — вместо прямоугольных плит выпускать плиты в виде параллелограмма? — спросил как-то один из авторов этой книги дорожно-начальственное лицо районного масштаба. — Тогда колеса будут пересекать стыки по очереди, по крайней мере удара не будет» (рис. 10.8). «Я автодорожник, а не автомобилист!» — ответил тот.

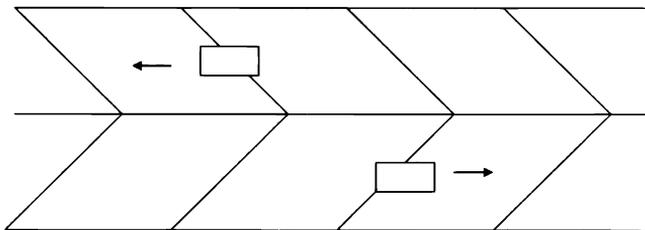


Рис. 10.8

Но вернемся к дорогам. Все изнашивается, стирается и асфальт. Как узнать, сколько его уже стерлось, а сколько еще осталось, чтобы обновить покрытие вовремя, не дожидаясь, пока возникнет дыра? Группа изобретателей (а.с. 1498874) предложила вмуровывать в дорожный асфальт на уровне верхнего слоя цветные шарики — «реперы», которые изнашиваются с такой же скоростью, что и асфальт. Тогда по диаметру цветного пятна можно судить о степени износа асфальта.

В идее есть недостаток, который авторы не учли: как укладывать все шарики одним цветом вниз? Ведь если этого не сделать — будут изнашиваться обе половинки, причем определить, какая больше, не зная, как лег каждый шарик, практически невозможно.

Противоречие достаточно четкое: чем больше износ, тем больше должен быть «пяточок» верхнего цвета. Очевидно, вместо шарика нужно ставить конус — острием вверх. Тогда точно не будет проблем: чем больше цветное пятно, тем больше стерся асфальт. Студенты автомеханического техникума предложили еще один вариант: укладывать плоские двухцветные шайбочки, высота которых равна толщине асфальтового покрытия. Только шайбочки должны быть «склеены» из двух четырехгранных пирамидок по диагонали боковой стороны. Верхняя пирамидка — по цвету асфальта, а нижняя — контрольная — другого цвета (рис. 10.9). Остается только уложить их контрольным цветом вниз.



Рис. 10.9.

Глава 11.

От идеи — к конструкции: создание целостного образа

А как реализовать идею решения в конструкцию? Синектика предлагает прием «эмпатия» — «вживаться» в образ объекта. Развитие этого приема и устранение некоторых его недостатков привели в ТРИЗ к созданию метода ММЧ — «моделирования маленькими человечками». На примерах поиска решения ряда очень разнообразных проблем с применением метода ММЧ показано, как объединены творческий инженерный подход с чисто психологическими приемами, используемыми в ТРИЗ.

В предыдущих главах на примерах решения нескольких задач мы выявляли техническое и физическое противоречия и выясняли, **что** нам нужно: какими свойствами должны обладать частицы (шаг 8 АРПС), чтобы обеспечить устранение этих противоречий на уровне сформулированных ИКР? И можно ли найти в данной технической системе или в ее окрестностях элементы, обладающие нужными свойствами (шаг 9)?

Хорошо, если вас все-таки «осенит». Практика решения реальных задач показывает, что новые идеи рождаются чаще всего при решении мини-задач, когда принцип действия системы не меняется, а внутри системы имеются значительные резервы — ресурсы.

Если же приходится решать максизадачу — менять принцип действия или вообще создавать (синтезировать) новую систему, то достаточно часто, даже выбрав подходящий ПД, останавливаешься перед вопросом «Как реализовать идею? Как должна выглядеть реальная конструкция системы?».

Перейти от идеи к решению помогают «маленькие человечки». Для этого в четвертой части АРИЗ-85В есть шаг 4.1. Прием так и называется: «Метод ММЧ — моделирование маленькими человечками». Основное достоинство МЧ — это очень удобная публика. О таких детях мечтают многие родители. О таком народе — любое правительство. Удобная тем, что абсолютно послушная: что скажешь, то и сделают.

Попросим человечков поработать в задаче. Для этого рядом последовательных рисунков изобразим те действия, которые должны совершать человечки, чтобы наше ИКР выполнялось.

Проблема 1. Об установке радиоэлектронных элементов на печатной плате (задача И.П. Горчакова)

Радиосхемы собирают на печатных платах. Для этого каждый элемент (диод, резистор, микросхему) вставляют ножками в отверстия в плате и припаивают с противоположной стороны. Первое время все это делалось вручную и поэтому очень медленно. Чтобы механизировать процесс монтажа плат, решили паять плату всю сразу — волной припоя. Для этого все элементы (150–200 шт.) устанавливают на плате так, чтобы их ножки выступали с противоположной стороны платы на 0,5 мм, собранную плату устанавливают над поверхностью ванны с расплавленным оловом и создают в ванне «волны», чтобы расплав касался нижней поверхности платы. А чтобы олово надежно прилепилось к ножкам элементов,

нижнюю поверхность вместе с ножками предварительно смачивают специальным составом — флюсом. Чтобы яснее представить себе ситуацию, возьмите дуршлаг, на который откидывают макароны, и десяток спичек, можно сгоревших. Вставьте спички в отверстия дуршлага — и вы сразу поймете, в чем проблема: ножки радиоэлементов, как и спички, в отверстиях не держатся — проваливаются (диаметр отверстий под радиоэлементы — от 0,8 до 1,2 мм, толщина платы — 2 мм, диаметр ножек — 0,2–0,5 мм). Вместе с ножками проваливаются и ложатся на плату сами элементы, а они должны стоять над платой на высоте 3–5 мм.

Предложили надевать (вручную!) на ножки трубочки определенной высоты. А как их потом снять? Расплавить?! Сделали трубочки из материала типа парафина. Собрали плату, сделали волну. Оказалось, что многие ножки не припаялись. При пайке флюс сгорает, образуются газы, а выходить им некуда: сверху отверстие закрыто вязкой парафиновой трубкой, снизу — волна припоя.

Трубка не годится. Стали изгибать ножки, чтобы они держались в отверстиях за счет трения. Сделали для этой операции специальный автомат. Но гетинакс (материал, из которого делают печатные платы) хрупкий, получить точное отверстие при толщине платы 2 мм трудно, изогнутые ножки то плохо вставляются, то проваливаются. Кроме того, изогнутая часть ножек заполняет отверстия, и газам от сгоревшего флюса опять некуда выходить (рис. 11.1). Как быть?

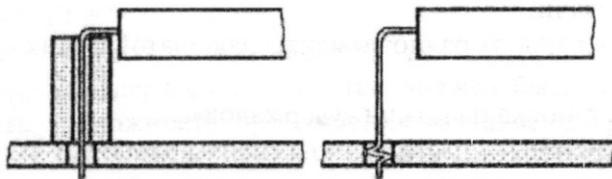


Рис. 11.1.

С условием все ясно? Давайте кратко сформулируем проблему. В отверстия платы нужно вставить ножки радиоэлементов так,

чтобы они выступали с другой стороны платы на 0,5 мм, затем собранную плату перенести на ванну с оловом и запаять волной припоя, при этом положение элементов на плате не должно измениться.

Еще короче: вставить ножки в отверстия — выставить на 0,5 мм — удерживать в данном положении — перенести на ванну — запаять волной.

Здесь ПЯТЬ операций, но задач может быть не ПЯТЬ, а значительно больше. Например, как создать волну припоя определенной высоты на всей длине ванны. Но мы ограничимся только двумя: выставить ножки на 0,5 мм и удерживать в данном положении.

ТРИЗ требует решать задачи по одной. Но чтобы решить первую, даже АРПС не понадобится. Нужен лишь дуршлаг и спички. Возьмите их и вставьте спички в отверстия дуршлага. Что нужно, чтобы спички выступали на нужное расстояние из отверстий? Правильно, поднять дуршлаг. И закрепить его в таком положении.

Остается вторая задача, значительно более сложная — удерживать элементы в этом положении, когда мы будем переносить плату с места сборки на ванну. Применим для ее решения АРПС.

Шаг 1. ТС для удержания радиоэлементов в печатной плате состоит из платы, радиоэлементов и трубочек, которые надевают на ножки. Однако трубочки перекрывают отверстия, в которые вставляются ножки, и мешают выходу газов во время пайки.

Заменяем термин «трубочки» понятием «удержалки».

Схема задачи.

ОФ — удерживать радиоэлементы над платой в фиксированном положении.

ПД — установка на ножки «удержалок».

Состав системы — плата, радиоэлементы, трубочки-«удержалки».

НЭ1 — невозможность выхода газов при пайке через отверстие.

СУ — снять «удержалки» с ножек.

НЭ2 — радиоэлементы в фиксированном положении не держатся.

ТП1: СУ → $\overline{\text{НЭ1}}$ → НЭ2.

Если «удержалки» снимать с ножек, то газы будут выходить через отверстия, но элементы не удержатся в фиксированном положении.

ТП2: $\overline{C\bar{Y}} \rightarrow \overline{H\bar{E}2} \rightarrow H\bar{E}1$.

Если «удержалки» не снимать с ножек, то элементы удерживаются в фиксированном состоянии, но газы не выходят.

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$\overline{C\bar{Y}} \rightarrow \overline{H\bar{E}2} + \overline{H\bar{E}1}$.

Необходимо, не снимая «удержалки» и сохраняя таким образом их способность удерживать элементы в фиксированном положении, обеспечить возможность выхода газов через отверстия.

Шаг 3. Оперативная зона (ОЗ). Конфликт возникает из-за того, что торец «удержалки» перекрывает отверстие (рис. 1), и образовавшимся газам некуда выйти. Значит, ОЗ — зона контакта торца «удержалки» с отверстием в плате, в которое вставляется ножка радиоэлемента.

Шаг 4. Оперативное время (ОВ) включает:

T1 — время конфликта, т.е. время пайки, когда образовавшимся газам некуда выйти.

T2 — предконфликтное время, в период которого элементы устанавливаются и закрепляются в отверстиях на плате.

T3 — время выполнения основной функции, т.е. период, когда элементы надо удерживать в фиксированном состоянии. Это время от момента закрепления элемента на плате до окончания пайки. Очевидно, что T1 и T2 являются частями T3:

$T = T3 = T1 + T2$.

Шаг 5. Физическое противоречие на макроуровне (М-ФП): между торцом «удержалки» и платой должен быть зазор, чтобы обеспечить возможность прохождения газов, и зазора быть не должно, так как в это же время элементы должны надежно опираться на плату! Прекрасное физическое противоречие!

Что же делать? Еще раз внимательно присмотримся к оперативной зоне. Конфликт возник, так как торец «удержалок» (трубочек из парафина) плотно, без зазоров, прилегал к поверхности платы и даже склеивался с ней. Значит, их нужно разделить и ввести между

ними вещество, которое было бы прочным, как парафин, чтобы удерживать элементы, и в то же время проницаемым для газов, чтобы пайка получалась качественной. Это и будет формулировкой шага 6 — физическое противоречие на микроуровне (μ -ФП): пространство между торцом «удержалки» и платой должно быть заполнено средой, проницаемой для газов во время пайки (время Т1), причем среда должна быть прочной, чтобы поддерживать элементы с момента их установки до окончания пайки (время Т3). А с учетом того, что Т1 является частью Т3, мы можем с полным правом сказать, что среда должна быть и прочной, и проницаемой в течение периода времени Т3.

В этом месте было бы очень полезно вспомнить лампу Бабакина и хирургическую иглу. Зачем? Если между торцом «удержалки» и платой вводится новая среда, которая должна обладать свойством «быть прочной», тогда для чего нужна «удержалка»? Пусть новая среда выполняет по совместительству и функцию «удержалки»!

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР) в этом случае будет выглядеть так: техническая система должна сама обеспечивать между радиоэлементами и платой наличие частиц, удерживающих радиоэлементы от момента их установки до конца пайки и пропускающих газы во время пайки.

Что же изменилось в задаче? Раньше элементы опирались на плату трубочками, и эти трубочки удерживали элементы в фиксированном состоянии. Теперь функцию — удерживать элементы в фиксированном состоянии — мы передали частицам, на которые опирается сам элемент. Отверстия свободны, и газы свободно пройдут через них. Осталось лишь подобрать частицы.

Шаг 8. Сформулируем условия, которым должны удовлетворять частицы, чтобы обеспечивались необходимые по шагу 7 противоположные физические состояния. Какими же они должны быть?

Для этого вернемся к первой половине задачи — установке элементов так, чтобы ножки торчали на 0,5 мм из платы. И помогут нам в этом МЧ — «маленькие человечки»!

Итак, между нижней поверхностью платы и опорной поверхностью должен быть образован зазор в 0,5 мм, тогда ножки элемен-

тов вылезут из платы как раз на эту длину. Теперь должны прибегать «человечки», схватить элементы и держать их так крепко, чтобы они не упали и не сдвинулись при переноске платы на оловянную ванну. Во время пайки «человечки» должны свободно пропустить через себя газы, а когда припаянные элементы будут держаться сами, «человечки» должны убежать.

Теперь технологический процесс будет выглядеть так: установка платы на приспособление — установка элементов — заполнение пространства между элементами и платой «человечками» — перенос платы на ванну — пайка — удаление «человечков».

Требования к «человечкам»:

— по агрегатному состоянию они должны представлять собой твердое вещество, так как газообразные «человечки» не удержат элементы на весу в фиксированном положении, а жидкие «человечки» не пропустят газы, да еще и сами «удерут» через отверстия;

— по структуре это должны быть частицы, так как обладать подвижностью, чтобы залезть под каждый элемент и плотно схватить его, могут только твердые вещества в сыпучем состоянии. По размеру они должны быть достаточно большими, чтобы не высыпаться в щель между ножкой и стенкой отверстия, и достаточно маленькими, чтобы подлезть под каждый элемент и плотно его охватить.

Форма частиц определяется требованием: через них должны свободно проходить газы. Исключим даже такой невероятный случай: прямоугольные частицы улягутся плотным ровным слоем без зазоров на поверхность платы, поэтому выберем частицы круглой или овальной формы.

И еще одно очень важное условие: «человечки» должны, хотя бы на короткое время, выдерживать высокую температуру расплавленного олова.

Шаг 9. Анализ состава системы показывает, что элементов, обладающих сформулированными на шаге 8 свойствами, в ее составе нет.

Рассказывают забавный эпизод, связанный с этой задачей. Она возникла на заводе по выпуску радиоприборов, и над ней долго бились, пока не применили ТРИЗ. Дело было вечером, и поиск подходящего материала решили отложить на утро. А дома началь-

ник цеха, в котором выпускали эти платы, перечислил жене требования к материалу. «Возьмите ПШЕНО!» — тут же предложила жена. Немая сцена...

Утром первые платы, засыпанные пшеном, прекрасно пропаялись. При этом, чтобы «человечки» не разбегались, плату со всех сторон оградили стенкой (рис. 11.2). В дальнейшем подобрали другой материал, более технический...

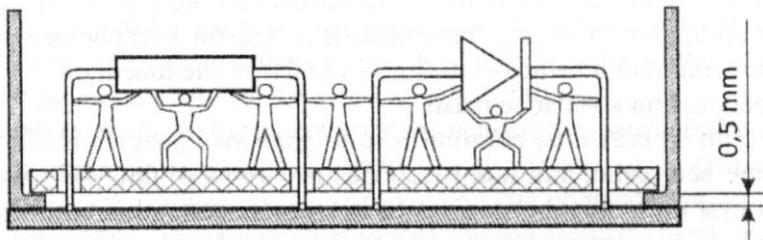


Рис. 11.2

И еще одна проблема, решенная с помощью «маленьких человечков», в которой возможности этого метода проявляются особенно ярко. Называется она по имени автора, который ее впервые поставил и решил.

Проблема 2. Центрифуга

Г.Х. Подойницына¹⁴

При изготовлении одной детали сложной формы потребовалось обжечь ее жидкостью со всех сторон во вращающемся состоянии. При этом было поставлено важное условие: давление на деталь должно быть связано с числом оборотов. В общем, как в цен-

¹⁴ Подойницын Г.Х. — автор десятков изобретений, многие из которых в качестве учебных задач рассматриваются в книгах по ТРИЗ. Задача о центрифуге — одна из наиболее известных из них.

трифуге, только наоборот. По мнению технологов, таким образом достигались наилучшие свойства поверхности.

Серьезные специалисты от задачи отмахнулись: кто же будет заниматься глупостями, которые явно противоречат законам природы! А Г.Х. Подойницын, хорошо знакомый с «маленькими человечками», пригласил их в соавторы.

— Сейчас вы работаете так (рис. 11.3),— сказал изобретатель.

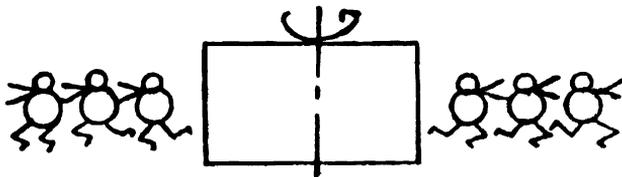


Рис. 11.3

— А я хочу, чтобы вы работали вот так (рис. 11.4).

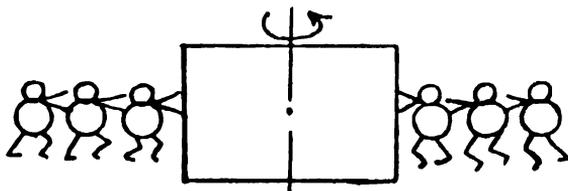


Рис. 11.4

— Чтобы мы так работали, — посмотрев на задание, ответили МЧ, — надо, чтобы кто-то толкал нас к деталям, не обращая внимания на то, что мы стремимся от нее уйти. Для этого нужна еще одна группа «человечков». Стенка на стенку (рис. 11.5).

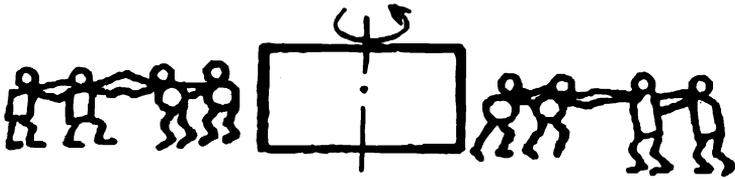


Рис. 11.5

Ведь уйти мы хотим под действием центробежной силы — как только деталь начинает вращаться. И чем быстрее она вращается, тем сильнее нас от нее отбрасывает. Значит, их сила тоже должна расти с увеличением скорости вращения детали, но быстрее, чем наша сила (рис. 11.6).

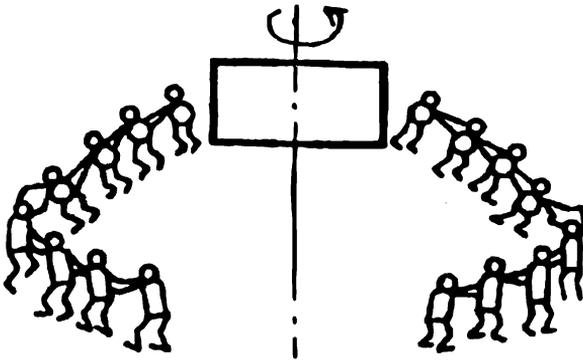


Рис. 11.6

При вращении же больше сила у того, кто тяжелее. Значит, новые «человечки» должны быть тяжелее нас (рис. 11.7).

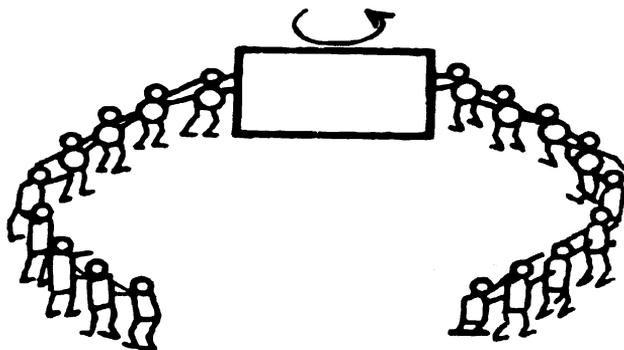


Рис. 11.7

А чтобы мы в драке не смешивались, нас надо сразу разделить!

Так появилось решение, противоречащее на первый взгляд всем законам физики. В центрифугу заливают две разные жидкости (масло и ртуть). При вращении центрифуги давление ртути внутрь, на масло и через него — на деталь — оказывается БОльшим, чем давление масла на ртуть, и это давление на деталь пропорционально числу оборотов центрифуги (рис. 11.8).

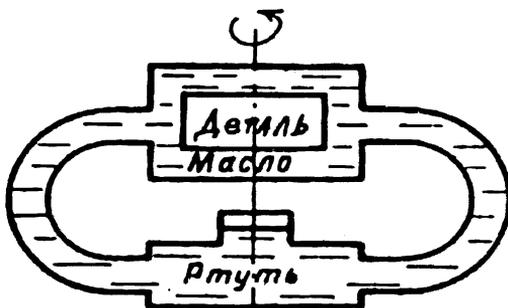


Рис. 11.8

Аббревиатуру «ММЧ» ученики СШ №36 г. Одессы (сейчас — Ришельевский лицей) однажды расшифровали как «моделирова-

ние мыслящими человечками». Чтобы руководить «мыслящими человечками», нужно действительно не бояться смелых идей и обладать сильным воображением. И результаты тогда могут быть самыми неожиданными...

Один из авторов этой книги предложил своим ученикам (9 класс) классическую задачу о дозаторе жидкости, которая описана в книге Г. Альтова (литературный псевдоним Г.С. Альтшуллера) (Альтов, 1989).

Капризная качалка

Дозатор жидкости сделан в виде качалки (рис. 11.9). В левой части дозатора — емкость для жидкости. Когда емкость наполнена, дозатор наклоняется влево, и жидкость выливается. При этом левая часть становится легче, дозатор возвращается в исходное положение. К сожалению, дозатор работает неточно: выливается не вся жидкость. Как только часть жидкости выльется, облегченная емкость уходит вверх — получается «недолив». Сделать емкость побольше и смириться с тем, что в ней остается часть жидкости? Но качалка капризна: «недолив» зависит от многих причин (вязкость жидкости, трение в опорах дозатора и т.д.). Нужно устранить «недолив» как-то иначе.

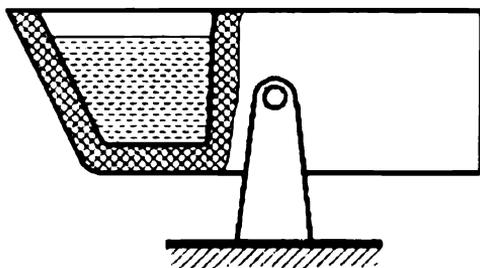


Рис. 11.9

Используем метод ММЧ. На качелях «девочки» (жидкость) и «мальчики» (противовес в правой части дозатора). Вот принят груз (рис. 11.10),

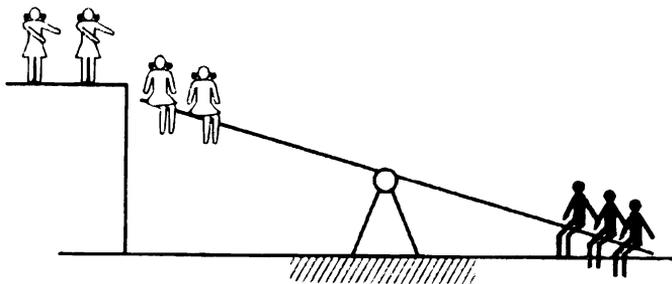


Рис. 11.10

и левая часть качелей пошла вниз (рис. 11.11).

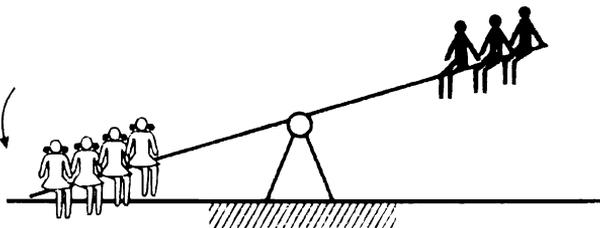


Рис. 11.11

Но как только спрыгнули одна-две «девочки», левая часть качелей уходит вверх (рис. 11.12).

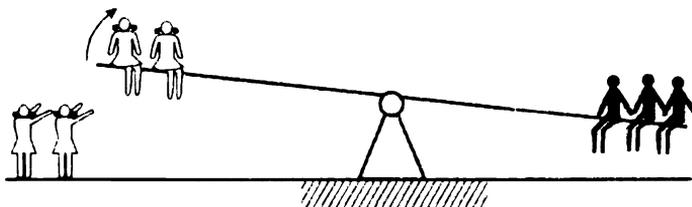


Рис. 11.12

Как сделать, чтобы все «девочки» успевали спокойно сойти с качелей? Ответ очевиден: пока «девочки» будут сходиться, «мальчики» должны подвинуться к середине качелей (рис. 11.13),

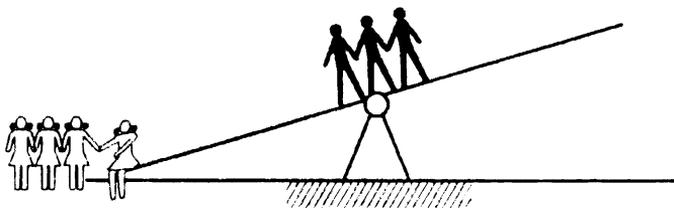


Рис. 11.13

а потом вернуться в исходное положение (рис. 11.14).

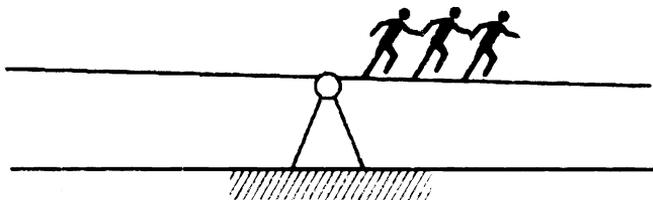


Рис. 11.14

Иными словами, часть противовеса должна быть выполнена в виде подвижного грузика, чтобы менялось положение центра тяжести противовеса.

Теперь перейдем от модели к реальной конструкции. Грузик в правой части дозатора должен легко перемещаться туда-сюда. Ясно, что лучше всего сделать грузик в виде шарика (рис. 11.15).

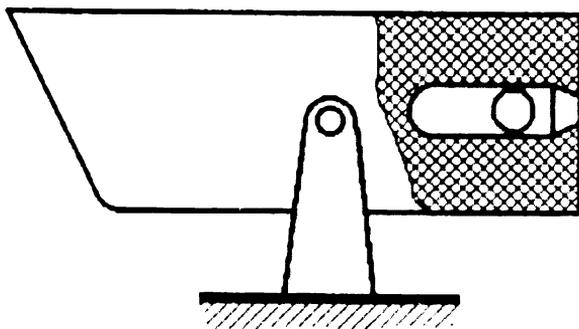


Рис. 11.15

Задача решена. Мы вышли на ответ, используя метод ММЧ. Нетрудно заметить, что при этом выявлено и устранено физическое противоречие (момент силы, действующий на правую часть дозатора — противовес, должен быть малым во время слива, чтобы вся жидкость сливалась, и момент силы должен быть большим во время заливки металлом, чтобы емкость доверху наполнялась жидкостью). Можно отметить и другое: дозатор, не имевший подвижных частей, теперь стал «динамичным», т.е. техническая система вступила в третий этап развития. Следовательно, все идет, как надо, решение найдено хорошее».

— Решение действительно хорошее, — медленно и как-то нерешительно сказал Сережа Швенк. Он вообще редко подавал голос. — А если «мальчишки» попадутся ленивые и не захотят бегать туда-сюда? Пусть «девчонки» **сами** (он подчеркнул это слово) перемещаются в емкости и тем самым меняют момент силы. Для этого нужно только изменить форму емкости.

Подошел к доске и уверенно провел одну кривую линию (рис. 11.16).

— Правильно?

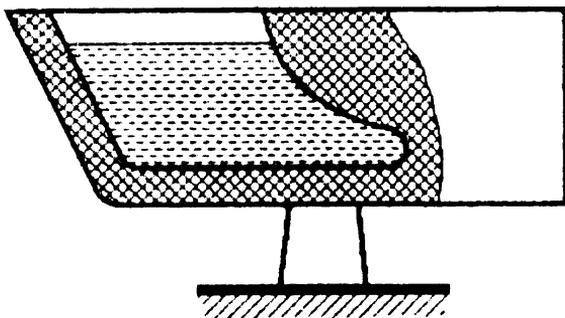


Рис. 11.16

— Абсолютно! Конечно, переделывать ковш под такую форму емкости значительно труднее, чем установить подвижный груз. Но теоретически решение абсолютно верное! Можно использовать при изготовлении нового ковша!

И еще один образец творчества. Во время поиска решения проблемы Г.Х. Подойницына в лицее № 208 (г. Киев) кто-то из десятиклассников на вопрос преподавателя «Чем вообще создают давление?» ответил: «Поршнем!». «Поршнем?!» — переспросил преподаватель. Оставалось задать несколько наводящих вопросов, и появилось новое решение — без ртути и сосуда сложной формы (рис. 11.17).

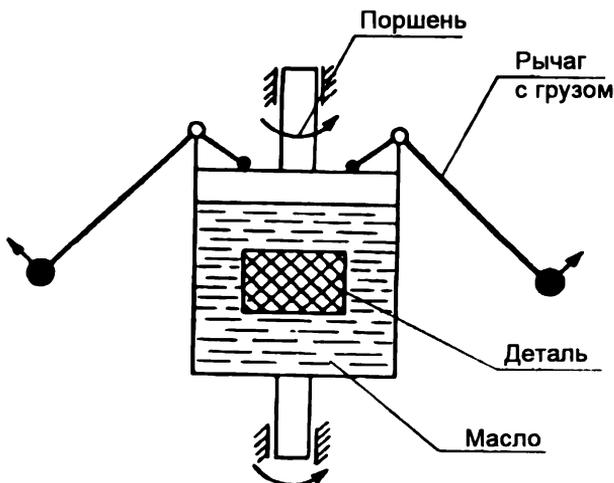


Рис. 11.17

В курсе ТРИЗ тема «Метод ММЧ» — это несколько часов занятий, поиск решения десяти–пятнадцати проблем. Предлагаем вам еще несколько — для самостоятельной работы.

Проблема 3. О выеденном яйце

Если бы речь шла об одном яйце, можно было бы, как говорится, целиком и полностью согласиться с вашей улыбкой. Но на крупных комбинатах общественного питания варят вкрутую тысячи яиц, очищать их от скорлупы приходится вручную, и эта работа отнимает очень много времени.

Попробуйте решить эту задачу с коллегами, сначала методом мозгового штурма или синектики. И запишите все идеи, которые они предложат. Можете не сомневаться, что кто-нибудь предложит вывести породу кур, которая несет яйца без скорлупы. А потом продемонстрируйте им, как изящно работает АРПС, и скорлупа сама отлетает от поверхности яйца. Не забудьте только напом-

нить коллегам, что яйца варят в автоклавах — больших кастрюлях, которые закрываются герметично и в которых можно менять давление. Заодно вспомните один из разделов физики...

Проблема 4. О водосточной трубе

Это образец задачи, которая с грохотом заявляет о себе, а мы ее не слышим и проходим мимо. Возникает она обычно весной, когда днем под солнечными лучами снег на крышах начинает таять и вода стекает по водосточным трубам. Но к вечеру становится холоднее, вода в трубах замерзает, образуются ледяные пробки. Держатся они за счет сцепления льда со стенками трубы. На следующий день солнышко опять греет, и металлическая труба быстро нагревается. Слой льда, который прилегает к поверхности трубы и держит пробку в трубе, оттаивает, пробка отрывается от стенок, с грохотом летит вниз и по дороге ломает все изгибы водосточных труб. Известны случаи, когда страдали прохожие. Как быть?

Поговорите с «маленькими человечками». Только спокойно и уважительно. И с теми, которые будут падать вместо льда, и с теми, которые будут их держать. Они помогут вам сохранить водосточные трубы, не перестраивая все здание.

Проблема 5. О герметизации кабины стратостата

Это одна из многих блестящих находок выдающегося французского изобретателя Огюста Пикара. Суть проблемы в следующем. Для регулирования подъемной силы стратостата нужно, сидя в кабине (гондоле), открывать и закрывать клапан на шаре. Радиотехника в то время была развита слабо, систем дистанционного управления не было, и для управления клапаном использовался

обыкновенный стальной тросик. Чтобы управлять клапаном, тросик должен свободно проходить через крышу гондолы. Иными словами, в крыше должно быть отверстие. Но гондола должна быть герметично закрыта, иначе на большой высоте из нее выйдет весь воздух, и пилот — стратонавт — задохнется. Как быть?

Задача — яркий пример того, как от какого-то, казалось бы, пустяка зависит успех огромного проекта. Посоветуйтесь с «маленькими человечками». Объясните им, какими свойствами они должны обладать, чтобы разрешить четко поставленное ФП: кабина должна быть герметичной — и должна иметь отверстие. Как им расположиться...

Прежде чем искать решения предложенных проблем, вспомните уроки этой главы:

1) В одном условии могут прятаться несколько задач. Их надо разделить и решать по одной по очереди.

2) В решении одной задачи часто скрывается условие другой, как правило, более частной, но совсем не обязательно более легкой. Иногда частные задачи из-за ограниченности условий требуют больше усилий, чем общие.

3) Если вы пригласили на работу «маленьких человечков», хорошенько подумайте, что они должны сделать. И не поленитесь нарисовать лишнюю картинку, это еще две-три минуты, а ясности может добавить на день.

Успеха!

Глава 12.

Законы развития технических систем: учимся прогнозировать

На основе анализа поиска решения нескольких десятков проблем, подробно описанных и разобранных в предыдущих главах, систематизации этапов их решения и результатов формируется структура и содержание всей системы законов развития технических систем. Знание этих законов и понимание их объективности позволяет принимать осознанные решения в самых различных проблемных ситуациях.

Незнание закона не освобождает от ответственности за его нарушение.

Опять законы! Сколько их уже было! Сумма углов треугольника равна 180° , действие равно противодействию, угол падения равен углу отражения... Теперь эти — законы развития технических систем. Зачем нам их знать?

Зачем? Для определения уровня негорючей жидкости в больших емкостях в них через верхний люк опускали поплавки. К по-

плавку привязывали ленту-рулетку. Но поплавков отплавывал в сторону, результат измерения искажался.

Тогда ко дну емкости вертикально прикрепили два металлических стержня, их верхние концы выходили в люк. Поплавок с помощью роликовых втулок «надели» на стержни, и теперь он легко скользил вверх-вниз, точно показывая уровень жидкости. Однако, когда похолодало, на металлических стержнях начала намерзать пленка жидкости. Поплавок застрял.

Чтобы отогреть металлические стержни, через них пропустили ток низкого напряжения. Жидкость оттаяла, стекла, и поплавок опять заскользил вверх-вниз, перемещая ленту-рулетку (рис. 12.1).

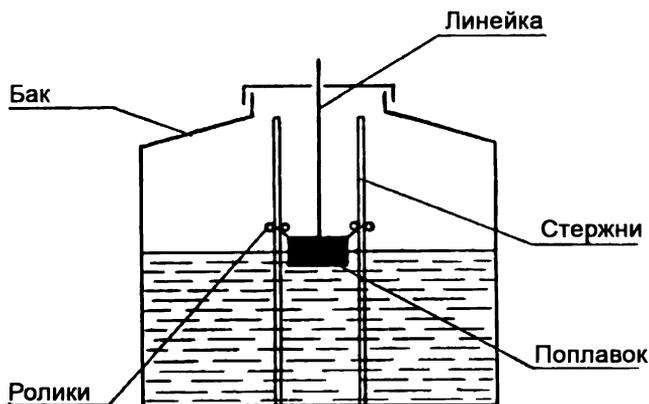


Рис. 12.1

— А почему Вы не... — спросил один из авторов книги изобретателя последней конструкции и объяснил идею. — Ведь по законам развития технических систем это совершенно очевидный следующий шаг.

- Как-то не подумал, — ответил он. — А ТРИЗ я не изучал.
- И еще вопрос: жидкости электропроводны?
- В большинстве случаев...
- Тогда, может быть ...

— Очень может быть... — задумчиво сказал он. — Очень может быть...

О возможности прогнозировать развитие технических систем (ТС) на базе законов их развития (ЗРТС) мы уже говорили. Поэтому сделайте следующий шаг, а точнее два, в совершенствовании поплавковых измерителей уровня жидкости. Кстати, они еще не заявлены как изобретения. Хотя вполне возможно, что вы предложите варианты еще лучше.

Не убедили? Тогда еще пример. Автомобиль — это транспортное средство, и с момента появления его совершенствование определялось одной целью: мне, его владельцу, надо быстрее попасть из пункта А в пункт Б. Так сформировалась идея легкового автомобиля. Другие цели появились позднее и привели к созданию грузовиков, автобусов и целого ряда специальных машин.

Не так давно — в середине 1970-х гг. — промышленность по производству легковых автомобилей большинства развитых стран зашла в тупик. И причиной тому был не только нефтяной кризис.

На заре автомобилизма шла бешеная погоня за скоростью¹⁵, которая продолжается и по сей день: уже созданы спортивные автомобили, скорость которых приближается к звуковому барьеру. Одновременно возникла и проблема устойчивости на дороге, особенно на поворотах. Машина становилась ниже, длиннее, шире. Тяжелее стала несущая часть — рама, основание кузова. Чтобы быстрее трогаться с места и разогнаться, потребовался более мощный двигатель — и усиливается ходовая часть: коробка скоростей, карданная передача, ведущие колеса. Растут требования к надежности тормозов — и механический привод заменяется гидравлическим, а затем пневматическим. Появляется компрессор, а с ним целая пневмосистема... Улучшается подвеска — рессоры, амортизаторы, стабилизаторы уровня. Для обеспечения безопасности пассажиров при столкновении кузовов делают из металла большей

¹⁵ Если бы на Земле было мало железа, развитие автомобилизма могло бы пойти в направлении, например, снижения веса. Рост мощности и скорости были бы желательным, но второстепенным фактором.

толщины. Опять растет вес, габариты... И все ради того, чтобы перевезти одного, двух, максимум 7–8 человек. Автомобиль стал самоцелью.

Неверно выбранным оказался сам курс на создание «домашних броненосцев». Большие длина (5–6 м) и ширина (1,5–2 м) затрудняли маневренность машины в густом потоке уличного движения, возможность легко и быстро «припарковаться». Большой вес (2–3 т) требовал мощных двигателей. А 300–350 л.с. потребляют много горючего, соответственно, дорого обходятся и к тому же сильно загрязняют атмосферу. Такова плата за ошибки в выборе направления развития технической системы.

Примеры хорошие, скажут упрямые читатели, но ведь и поплавок, и автомобиль — объекты технические, от обыденной жизни весьма далекие.

Хорошо, возьмем объект из обыденной жизни, например стол. Этот предмет мебели в виде широкой горизонтальной пластины на ножках возник для того, чтобы с его помощью большому количеству людей было удобно принимать пищу, особенно при большом разнообразии блюд. (В дальнейшем появилось множество других столов — письменный, кухонный, операционный и т.д. Но мы ограничимся только функцией обеденного стола.) Для этого стол должен быть большим. Но большой стол требуется редко, а все остальное время занимает много места. И столы становятся раздвижными, складными (например, стол-книжка), разборными. Аналогичные этапы прошли множество других самых бытовых предметов: диван-кровать, кресло-кровать, швейные машины, кухонные комбайны, складные ножи... И каждое изменение было связано с новой потребностью и необходимостью преодолевать очередное противоречие.

Но ведь и эти бытовые объекты, скажут уже самые упрямые читатели, хоть мы ими и пользуемся каждодневно в быту, тоже в некотором роде объекты техники. *Каким образом знание законов их изменения поможет нам мыслить творчески и находить оптимальные решения в проблемных ситуациях, постоянно возникающих, например, в общении с другими людьми?*

Вопрос закономерный. И ответить на него можно следующим образом.

Во-первых, любое общение с кем-то производится с какой-то целью. Следовательно, возникает система «я — он (она, они)», предназначенная для выполнения определенной функции. И закономерности взаимоотношений между элементами каждой системы различны.

Простейшее деление — на формальный и неформальный коллективы (вне зависимости от количества членов). Первые — это место работы или учебы, купе поезда или салон самолета, словом, место, где вы вынуждены в силу определенных обстоятельств сосуществовать с какой-то группой людей. Здесь свои законы поведения.

Неформальные коллективы вы выбираете сами — от друга или подруги, с кем можно сбежать в кино или на дискотеку, до спутника жизни, клуба и политической партии, в которую можете вступить или не вступать.

Кстати, хороший пример. Рассмотрим политическую партию как систему.

Основная функция, ради которой создается любая партия, — это захват власти. Чтобы реализовать ОФ, система, как уже отмечалось, должна быть автономной, т.е. включать в себя четыре минимально работоспособных элемента: рабочий орган, трансмиссию, источник энергии (двигатель) и орган управления.

В качестве рабочего органа, реализующего ОФ, могут быть только члены партии или ее сторонники: они обеспечивают победу на выборах. Источник энергии — это объединяющая всех идея. Чтобы передать эту идею рядовым членам, нужен лидер (трансмиссия). А орган управления — это устав партии, регламентирующий нормы поведения ее членов. И если рабочий орган не функционирует — какой-то из остальных элементов (а может, и все три!) явно с душком...

Законы развития систем объективны и распространяются на все виды систем. Просто при анализе систем, одним из элементов которых является человек, возникает слишком много субъектив-

ных факторов, связанных с особенностями его личности. Учет и использование этих факторов — задача различных разделов психологии. *Задача* же этой книги значительно уже — *показать только объективные законы, связанные с созданием, функционированием и развитием систем*. Поэтому — и это второй аргумент, о котором мы упоминали в начале книги — анализ нужно вести на материале, на который действие субъективных факторов не распространяется. А если такой фактор вмешивается, да еще с личной и корыстной целью, система чаще всего заходит в тупик.

Так что законы знать нужно. Как минимум для того, чтобы, как говорится в постулате ТРИЗ, «использовать их для сознательного развития систем». Рассмотрим еще несколько примеров.

Вещий Баян в «Слове о полку Игореве» поведал нам о событиях XII в. Летописец Пимен — о Борисе Годунове. Свою летопись имеют и технические системы. Пишут ее сами изобретатели, и называется она «Патентный фонд» — более 40 миллионов документов разных стран мира самым тщательным образом фиксируют все изменения каждого объекта: было — стало. Анализируя патентный фонд, прослеживая путь изменения систем, исследователи и выявили некоторые объективные закономерности. О первой из них — стремлении систем к идеальности — мы уже говорили.

А как, кстати, доказать, что новая система идеальнее старой? И какими путями идет увеличение идеальности технических систем?

Серийная «Нива» весила 1150 кг и имела двигатель мощностью около 70 л.с. Для трансконтинентального международного марафона «Ниву» модернизировали: вес снизили до 700 кг и установили форсированный двигатель, который развивал мощность до 200 л.с.

Цифры абсолютного (арифметического) изменения обычно говорят мало: было — стало. Гораздо больше говорят показатели относительные. Раньше каждая лошадиная сила двигателя везла $1150 \text{ кг} : 70 \text{ л.с.} = 13,5 \text{ кг/л.с.}$ Теперь каждая «лошадь» везет всего: $700 \text{ кг} : 200 \text{ л.с.} = 3,5 \text{ кг/л.с.}$ Почти в четыре раза меньше!

Рост относительных параметров — один из важнейших показателей развития технической системы. Показатели могут быть самые разные: расход горючего на 100 км пробега автомобиля, время разгона до определенной скорости, потребление электроэнергии телевизором, габарит прибора при той же точности работы и т.д. *Достигается этот рост (при неизменном принципе действия), как правило, за счет универсализации систем или, наоборот, их специализации.*

Чтобы ускорить обработку сложных деталей, созданы станки типа «обрабатывающий центр» с числовым программным управлением (ЧПУ) и автоматической сменой инструмента. Рабочий стол такого станка, на котором установлена деталь, поворачиваясь вокруг вертикальной и горизонтальных осей, с высокой точностью (до микрометра) подставит под инструмент нужную поверхность. С одной установки деталь фрезеруется, протачивается, сверлится, нарезается резьба, снимаются острые углы...

Инженер из Алма-Аты Сеилбек Кишкашев предложил агрегат для обработки почвы (а.с. 1187736), который одновременно выполняет шесть операций: пашет, поливает, удобряет, засеивает, боронует, укатывает почву. На языке ТРИЗ — полисистема объединила несколько моносистем, каждая из которых выполняла отдельную функцию.

Что дальше? Дальше машины, которые работают по программе без участия человека. Выезжает такой агрегат на поле, осматривает его, чешет правым культиватором за левым локатором («Опять психологическая инерция сработала!» — вздыхает контрольный диспетчер) и начинает «пахать» за нас с вами.

Примеров специализации вокруг нас тоже достаточно: от кофейного сервиса до спутников связи. Специализированные системы (нож только для чистки картошки, машины для перевозки хлеба, самолеты для тушения пожаров) позволяют резко повысить производительность труда за счет быстреего выполнения определенной функции.

Одна из сложнейших проблем нашего времени — мусор, особенно в больших городах. Раньше отходы (как, впрочем, иногда и

сейчас) сваливались в подъездах домов, и рабочие лопатами закидывали их в кузов самосвала. Потом появились большие ведра, потом — специальные автомобили, в которых мусор засыпается в заднюю часть и прессом подается в основной бункер. Но все более широкое применение находит контейнерный способ, и автомобили оборудуются специальными гидropодъемниками. Ручной труд исчезает...

Закон увеличения уровня идеальности ТС при решении изобретательских задач позволяет сделать первый прыжок через область «пустых» проб: сформулировать идеальный конечный результат (ИКР). Конечно, получить ИКР в большинстве случаев не удастся. Но сама постановка ИКР позволяет, как на острие иглы, сконцентрировать усилия и сузить зону поиска.

Помимо общих законов, определяющих идеологию ТРИЗ, генетический анализ систем, проведенный по патентному фонду, позволил выявить еще ряд закономерностей, связанных с созданием (синтезом) систем и их развитием. Большинство этих закономерностей уже встречались при решении задач.

Рассмотрим еще несколько примеров типичных изобретений и сделаем дальнейшие выводы.

До недавнего времени мультики рисовали: на 1 м пленки — 52 рисунка-кадра. Десятиминутный фильм — это 300 м пленки и... 15 тысяч рисунков!!!

Есть предел скорости рисования. Нет предела творчеству. Вот Винни-Пух идет по дороге. Его тело слегка меняет свое положение, быстро шевелятся ноги. Разделим рисунок на части: дорога в лесу, тело Винни-Пуха, его ноги. Каждую часть нанесем на отдельную прозрачную пленку, а потом сложим их в «пакет»: ноги, тело, природа. Теперь можно «шевелить» каждый лист в отдельности, менять их.

И все-таки художников это не удовлетворяло: каждый раз рисовать даже часть объекта, в котором меняется еще меньшая часть, очень трудоемко. И появился способ воспроизведения силуэта для съемки мультипликационных фильмов, отличающийся тем, что с целью снижения трудоемкости процесса контур объекта образуют

посредством наложения на магнитную панель наполненного ферромагнитным порошком шнура, а изменение силуэта при перемещении объекта относительно точки зрения получают путем передвижения шнура по панели (а. с. 234862).

Отличное изобретение, не правда ли? Нитка, пропитанная железным порошком, — вечный карандаш. Положили на панель — есть рисунок. Кончили съемку, смотали на катушку — и нет рисунка. А сколько бумаги экономится!

Итак, был способ изображения с помощью карандаша — стал с помощью магнитного шнура. Не просто стал, а с определенной целью, которая обязательно указывается в каждой формуле на изобретение. Появился даже коэффициент плотности цели. Он определяется отношением количества изобретений, направленных на достижение указанной цели, к общему числу изобретений, совершенствующих эту техническую систему. По такому коэффициенту легко судить о направлении развития системы.

Так, в 1970 г. было выдано а. с. 445611 на контейнер для транспортирования хрупких изделий (например, дренажных труб): в контейнере имеется надувная оболочка, которая прижимает изделия и не дает им биться при транспортировке. Еще раньше, в ноябре 1967 г., были выданы а. с. 349583, где надувной элемент работал в захвате подъемного крана, и а. с. 409875, где он прижимал хрупкие изделия в устройстве для распиловки. В январе 1972 г. выдано а. с. 534351, в котором для усиления и регулирования прижима внутрь мешка вводят ферромагнитный порошок и воздействуют на него магнитным полем. Почти пять лет — плата за незнание закона о том, что развитие ТС идет в направлении увеличения степени управляемости.

Еще один пример того, как изобретения, которые должны следовать одно за другим, разделены годами (хорошо хоть не десятилетиями!). В свое время был предложен гидроспособ добычи угля: в пласте бурят скважины, заполняют их водой и передают через нее импульсы давления — в результате пласт разрушается. И только через 7(!) лет появилось а. с. 317797, в котором импульсы давления предлагается установить равными собственной частоте ко-

лебаний угольного пласта, т.е., попросту говоря, использовать явление резонанса. Производительность резко увеличивается. В первом изобретении не использован закон согласования ритмики отдельных частей системы. Сколько угля не добрали за эти семь лет? Сколько потрачено лишних энергии и труда?!

Еще примеры? Пожалуйста. До 1950-х гг. нефтяные скважины бурили только вертикально. Значит, для каждой скважины нужно было ставить свою отдельную вышку. Хорошо бы с одной вышки бурить несколько скважин. Но тогда надо бурить под углом, а конструкция бура — длинный жесткий цилиндр — этого не позволяла. «Сделаем бур, как трамвай — из двух вагонов!» — догадался изобретатель (а. с. 152842, март 1963 г.). Бур разделили на две части и, чтобы реактивная головка могла бурить наклонные участки скважины, соединили ее с конусом шарнирно. А в сентябре 1967 г. появилось а. с. 247159: «Способ направленного бурения скважин с применением искусственных отклонителей», отличающийся тем, что, с целью регулирования угла набора кривизны ствола, используют полиметаллический отклонитель и изменяют его температуру.

Первое изобретение — более-менее понятно: чем короче вагоны трамвая, тем круче угол, на который он может повернуть. А вот полиметаллический отклонитель...

Поставьте на стол два гвоздя равной длины: один — из цинка, другой — из вольфрама. И нагрейте их. Гвозди удлинятся, но по-разному: приращение длины цинкового гвоздя будет почти в семь раз больше приращения длины вольфрамового из-за разности коэффициентов линейного расширения. Если на их остриях раньше пластина могла лежать горизонтально, то теперь она будет лежать наклонно. Угол наклона зависит от свойств металлов (коэффициента линейного расширения) и температуры. Примерно так работает полиметаллический отклонитель.

Шарнир с газовой реактивной головкой или полиметаллический отклонитель? Второе решение явно изящнее. Переход к динамической системе в первом случае произошел на макроуровне (шарнир), во втором — на микроуровне: сжимается и растягивается кристаллическая решетка вещества.

Открытие А.С. Поповым возможности передавать электромагнитные волны на расстояние создали радиотехнику, радиолокацию, телевидение, радиоастрономию и т. д., т. е. принципиально новые направления науки и техники. Для их внедрения нужно было решить целый ряд задач, в том числе найти способы возбуждения, управления и передачи электромагнитных колебаний. Плюс обратный процесс — прием сигналов, усиление, преобразование. Каждая из этих задач состоит из множества еще более мелких, детализирующих.

Необходимость возбуждения колебаний привела к созданию генераторов радиочастот. Возникла проблема стабилизации частоты — поддержания ее постоянной при изменении различных параметров (напряжения, температуры и т.п.). Совершенствуются катушки индуктивности и конденсаторы, вводится ручная, затем автоматическая подстройка, изобретаются хитроумные схемы включения. И все ради одного: устройство должно наилучшим образом выполнять свои функции. Стремиться к идеалу. Сработал он и в данном случае: вместо тяжелых катушек индуктивности и громоздких конденсаторов использовали кварцевый резонатор. Вместо электромагнитных полей — пьезоэлектрический эффект.

Вращая ручку радиоприемника в поисках нужной станции, мы меняли площадь взаимодействующих пластин конденсатора переменной емкости. При этом менялась частота, или длина волны. Способ грубый, ненадежный: между пластинами попадает пыль, проскакивают заряды, слышен треск. Куда более изящно менять емкость полупроводникового диода — варикапа — за счет изменения напряжения на его электродах. Вместо больших пластин и ручки с приводом — поверхность контакта двух полупроводниковых материалов и регулятор напряжения, что легко встраивается в микросхему. Происходит переход с макроуровня на микроуровень. А затем вообще вместо аналоговых систем — стали цифровые...

И это — еще одна выявленная закономерность развития ТС, которая вошла в последние модификации АРИЗ-85 в виде шага 3.4: Формулировка ФП на микроуровне (в АРПС — это шаг 6).

В этой главе мы сделаем самое большое, основополагающее обобщение.

Коротко вспомним, что уже было. Поиски методов мышления, с помощью которых можно было бы генерировать новые идеи, привели Г.С. Альтшуллера в патентный фонд — в библиотеку, где собрано *описание продукта изобретательских идей*. Анализ патентного фонда показал, что развитие каждой конкретной технической системы происходит не потому, что появился гениальный изобретатель, который захотел ее усовершенствовать, а потому, что его идея соответствует вполне объективным законам, которым подчиняется развитие всех технических (а в дальнейшем выяснилось — и всех искусственных) систем.

Так был сформулирован важнейший для всей методологии творчества *постулат ТРИЗ: технические системы развиваются по объективно существующим законам; эти законы познаваемы, их можно выявить и использовать для сознательного развития технических систем*.

Было также определено и *общее направление развития технических систем: в сторону повышения уровня их идеальности*.

Понятно, что просто сделать такое заявление — явно недостаточно. Его нужно было подтвердить формулировками этих самых «объективно существующих» законов.

Литература по ТРИЗ классифицирует законы развития технических систем по трем группам (Альтшуллер, 1979):

1. *Статика* — группа законов, определяющих критерии жизнеспособности новых технических систем. В соответствии с ними сформулированы необходимые условия принципиальной жизнеспособности автономных систем (как технических, так и биологических):

- а) наличие и хотя бы минимальная работоспособность ее основных частей;
- б) сквозной проход энергии через систему к ее рабочему органу;
- в) согласование собственных частот колебаний (или периодичности действия) всех частей системы;

2. *Кинематика* — группа законов, характеризующих развитие систем (независимо от конкретных технических и физических механизмов этого развития):

- а) в направлении увеличения степени идеальности;
- б) в направлении увеличения степени динамичности;
- в) неравномерно — через возникновение и преодоление технических противоречий;
- г) до определенного предела, за которым система включается в надсистему в качестве одной из ее частей; при этом развитие на уровне системы резко замедляется или совсем прекращается, заменяясь развитием на уровне надсистемы.

3. *Динамика* — группа законов, отражающих тенденции развития современных систем:

а) развитие технических систем идет в направлении увеличения степени управляемости:

- увеличивается количество управляемых связей;
- мобилизуются вещественно-полевые ресурсы (ВПр) за счет более полного использования имеющихся и применения «даровых» веществ и полей;
- использование веществ и полей, которые позволяют без существенного усложнения реализовать новые физические эффекты, расширить функциональные возможности системы и тем самым повысить степень ее идеальности;

б) развитие современных технических систем идет в направлении увеличения степени дробления (дисперсности) рабочих органов. В особенности типичен переход от рабочих органов на макроуровне к рабочим органам на микроуровне.

Опыт поиска решения технических проблем и работа авторов в качестве преподавателей с высококвалифицированной аудиторией технических специалистов (и в частности, замечания слушателей) показали, что в классификации смешаны законы и способы их реализации: не могут быть законы «вообще» (кинематика) и законы на «сейчас» (динамика).

Нужна была альтернативная «конституция». Она была разработана М.И. Мееровичем в 1990–1991 гг. на основе законов, предложенных Г.С. Альтшуллером, и тоже состоит из трех частей.

В первую часть — «Общие законы» — вошли те принципы, которые *составляют*, если можно так выразиться, *идеологию ТРИЗ*, ее *сущность*. Во вторую — *законы синтеза системы*, и в третью — *законы развития технических систем*.

Получилась следующая схема:

1. Общие законы.

1.1. Развитие любой технической системы идет в направлении повышения уровня ее идеальности.

Следствие 1:

Техническая система идеальна, если ее нет, а функция системы выполняется.

Следствие 2:

Повышение уровня идеальности системы происходит за счет усложнения надсистем и/или увеличения числа вспомогательных функций.

1.2. Развитие частей системы идет неравномерно — через возникновение и преодоление технических противоречий.

1.3. Исчерпав возможности своего развития, техническая система или вырождается, или консервируется на определенном уровне, или ее рабочий орган входит как подсистема в новую систему.

2. Законы синтеза системы.

2.1. Автономная система должна состоять из четырех минимально работоспособных частей: рабочего органа, двигателя (источника энергии), трансмиссии и органа управления.

2.2. Связи между частями системы и сами ее части должны обеспечивать свободный проход энергии через всю систему.

2.3. Управление системой может осуществляться воздействием на любую ее часть.

3. Законы развития системы.

Развитие технических систем происходит за счет:

3.1. согласования ритмики частей ТС;

- 3.2. динамизации рабочего органа на макро- и микроуровнях;
- 3.3. повышения числа управляемых связей;
- 3.4. структурирования;
- 3.5. перехода в надсистему;
- 3.6. увеличения числа дополнительных функций;
- 3.7. специализации — универсализации;
- 3.8. объединения альтернативных систем (Меерович, Шрагина, 2016).

Практически все, что вошло в эту схему, мы уже разбирали на разных примерах и задачах. О переходе в надсистему мы тоже много говорили.

Конечно, изложенным здесь тема не исчерпывается, ведь переход в надсистему — один из основных путей развития ТС. Хочется остановиться еще на одном, очень перспективном варианте развития, который предложили инженеры В.М. Герасимов и С.С. Литвин.

Альтернатива — это противопоставление: или — или. Альтернативные ТС — это часть конкурирующих — параллельных — систем, т.е. систем, выполняющих одну и ту же функцию, но разными способами. Например, перевозку грузов по железной дороге осуществляют паровозы, тепловозы и электровозы.

Но предоставим слово самим авторам: «Альтернативные технические системы (АС) — это такие конкурирующие системы, которые имеют хотя бы одну пару противоположных достоинств и недостатков, т.е. то, что хорошо у одной из них, у другой плохо, и наоборот. АС как бы дополняют друг друга по какой-то паре характеристик. Речь идет о характеристиках, свойствах ТС, на базе которых в ТРИЗ строится техническое противоречие: скорость, устойчивость, прочность, мощность, точность, сложность, производительность, потеря вещества, энергии, информации, времени и т.п.

Чаще всего альтернативные системы дополнительные по паре характеристик, относящихся к двум разным группам: одна из АС

лучше выполняет главную функцию, зато другая — более простая и дешевая»¹⁶.

Из шести приведенных в статье примеров рассмотрим один — велосипедное колесо. Классическое колесо сделано на спицах, оно прочное и легкое, но очень сложное в изготовлении: ручная трудоемкая сборка, сложное оборудование для регулировки натяжения спиц. Дисковое колесо можно изготовить одним ударом штампа, но: если оно, как колесо со спицами, легкое, то непрочное, а если прочное, то тяжелое. Поэтому колеса — со спицами и дисковое — можно рассматривать как альтернативные системы.

При объединении одна из систем выбирается в качестве базовой: как правило, та, которая проще, дешевле и технологичнее. И ставится цель: объединив достоинства систем, устранить их недостатки. (В нашем примере дисковое колесо, полученное штамповкой, должно обладать легкостью и прочностью колеса со спицами.) А затем по АРИЗу формулируется альтернативное ТП и идет поиск механизмов его разрешения. Иногда для этого достаточно перенести свойство альтернативной ТС на базовую...

Как «работает» колесо со спицами? При сборке спицы предварительно натягивают так сильно, чтобы они всегда стремились работать на растяжение, отталкивая обод колеса, который под нагрузкой стремится сжаться.

В обычном дисковом колесе диск соединяет обод со втулкой, поэтому диск должен быть толстый и прочный. Свойство спиц — работать на растяжение — перенесли на дисковое колесо. В результате получилась конструкция: тонкие диски-диафрагмы при креплении к втулкам натягиваются, как спицы, с помощью регулировочных винтов (рис. 12.2). По весу легче, по прочности — выше. Что и требовалось...

¹⁶ Герасимов В.М., Литвин С.С. Развитие альтернативных технических систем путем их объединения в надсистему // Журнал ТРИЗ. — 1990. — № 1. — С. 12.

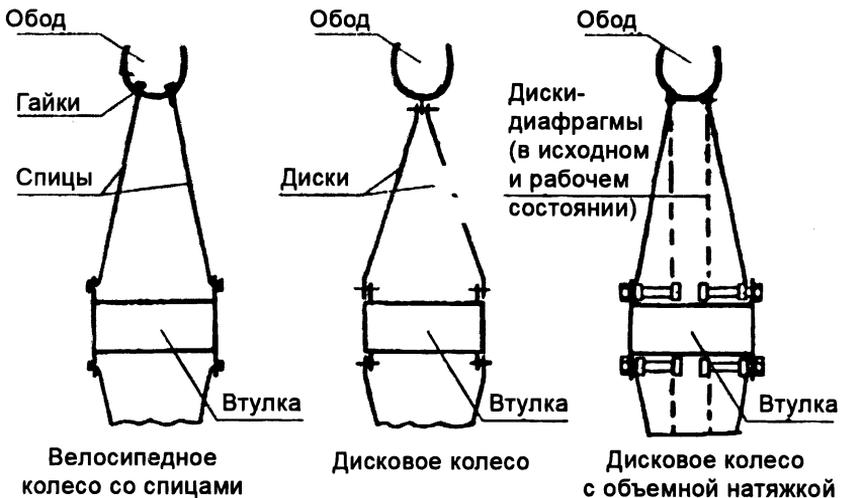


Рис. 12.2

Когда переноса свойства недостаточно, ищут ресурсы объединяемых систем. Как правило, они всегда находятся, это подтверждает и диапазон примеров в статье: бульдозерный нож к трактору для подборки торфа; бытовая мясорубка; подшипник скольжения; магнитопроводы трансформаторов... Ресурсы есть, но обычно, по законам психологической инерции, их ищут только в «своей» системе: «При решении проблем «своей» ТС никому не приходит в голову (к сожалению, АРИЗу тоже) «наворачивать» на нее еще и противоречия другой системы. А это как раз тот случай ТРИЗной логики, когда кажущееся усложнение ситуации облегчает ее разрешение» (Герасимов, Литвин, 1990, С. 12).

Подобная статья, кстати, еще один пример стремительного и эффективного развития ТРИЗ как науки: однозначная терминология, четкая логика построения алгоритма, красивые решения реальных и разноплановых задач. И формулировка нового закона: «Развитие технических систем идет в направлении их объединения друг с другом с целью взаимного использования ресурсов для дальнейшего совершенствования на уровне надсистемы».

Вас ничего не смущает? Есть одно маленькое «но», но это «но» не техническое, а чисто методическое: является ли новое колесо надсистемой по отношению к предыдущим колесам? Едва ли... Скорее всего, это просто усовершенствованное колесо, в котором объединены альтернативные свойства...¹⁷

Чтобы закончить главу о законах, приведем один отрывок из книги Г.С. Альтшуллера «Найти идею». Этот отрывок можно условно называть «*Баллада о кирпиче и законах*»:

«А вообще мне хотелось написать книгу о кирпиче, т.е. о ТРИЗ на примере возможного развития обыкновенного кирпича. Все законы развития технических систем приложимы к кирпичу. Скажем, переход к бисистеме: кирпич из сдвоенного вещества. С позиций ТРИЗ тут ясно различимо техническое противоречие: надо ввести второе вещество (закон есть закон!) и нельзя вводить второе вещество (система усложнится). Выход — использовать вещество «из ничего», пустоту, воздух. Кирпич с внутренними полостями: вес уменьшился, теплоизоляционные качества повысились. Что дальше? Увеличение степени дисперсности полостей: от полостей к порам и капиллярам. Это уже почти механизм. Пористый кирпич, пропитанный азотистым материалом (по а. с. 283264), вводят в расплав чугуна, кирпич медленно нагревается, происходит дозированная подача газообразного азота. Или: пористый кирпич пропускает газ, но задерживает открытое пламя (а. с. 737706) и воду (а. с. 657822). И снова переход к бисистеме: можно заполнить капилляры частично (снова ввести «пустоту»), тогда появится возможность «гонять» жидкость внутри кирпича (внутреннее покрытие тепловых труб).

Далее слово «кирпич» следовало бы взять в кавычки, потому что структура с капиллярами, содержащими жидкость, может оказаться чем угодно: например, шариком в подшипнике по а. с. 777273 («Подшипник качения, содержащий внутреннее и наружное кольца с размещенными между ними полыми телами качения, частично заполненными теплоносителем, отличающийся тем, что с целью повыше-

¹⁷ В.М. Герасимов и С.С. Литвин согласились с этим мнением и следующей формулировкой: «Развитие технических систем путем объединения их альтернативных свойств».

ния долговечности подшипника путем обеспечения автоматической балансировки массы тел качения, внутренняя поверхность каждого тела качения имеет капиллярно-пористую структуру»).

В а. с. 1051026 предложен кирпич с капиллярами, заполненными магнитной жидкостью: под действием магнитного поля жидкость поднимается, создавая разрежение в вакуумном захвате. Такой «кирпич» — почти машина... Вообще, на уровне «кирпич с заполненными жидкостью капиллярами» можно остановиться надолго. Количество изобретательских возможностей здесь очень велико. Жидкость способна испаряться, создавая мощный охлаждающий эффект. Сепарироваться, фильтроваться, перемещаться... Поры и капилляры могут быть одного размера, а могут менять диаметр, скажем, по длине «кирпича» — и тянуть вдоль него жидкость в сторону уменьшения диаметра капилляров (а. с. 1082768)...

Но пористый кирпич — это даже еще не микроуровень. Можно задействовать группу молекул — магнитные домены. Молекулы, атомы, электроны... Представьте себе «кирпич» из нитинола, способный при изменении температуры менять диаметр капилляров (и даже направление их сужения!). Это уже не «почти машина» — это просто машина.

Три главные особенности просматриваются в «идеальном кирпиче»:

1. Полезную работу выполняют все уровни «кирпича» и вещества, из которых он состоит. «Кирпич» работает на уровне камня, на уровне теплоизолирующих полостей, на уровне пор и капилляров, на уровне кристаллической решетки, на молекулярном уровне и т.д.

2. Число уровней сравнительно невелико. Но на каждом уровне можно задействовать десятки, сотни эффектов и явлений. Наконец, поистине неисчерпаемые ресурсы повышения идеальности открываются при использовании взаимодействий между уровнями.

3. Усложняясь, «идеальный кирпич» приобретает свойства и функции механизмов и машин. Чем сложнее «идеальный кирпич», тем шире набор управляемых свойств и универсальнее функции.

Словом, хотелось написать книгу о том, как кирпич становится «идеальным кирпичом» (Альтшуллер, 1986).

ЧАСТЬ 3.

От ТРИЗ — к ТРИС

Глава 13.

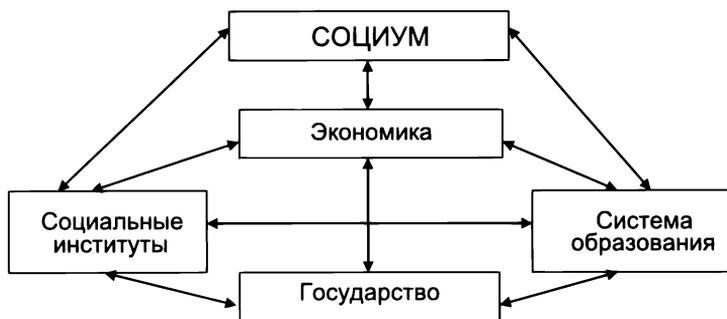
Социально-экономические проблемы глобализации в контексте законов развития искусственных систем

Происходящие в настоящее время социально-экономические процессы очень многогранны, и рассмотрение отдельных элементов вне связи с другими не позволяет понять ни истинные причины проблем, возникающих в ходе этих процессов, ни, тем более, способы и варианты решения этих проблем. Для анализа процесса глобализации как искусственной системы были выделены четыре взаимосвязанных элемента: экономика — как сфера деятельности по производству материальных, культурных и духовных ценностей для социума; система образования, готовящая кадры для экономики; социальные институты, формирующие отношения между членами социума, и государство как результат сложившихся социальных отношений.

Глобализация как системный процесс, происходящий в социуме и охватывающий все сферы его жизнедеятельности, требует ответа на вопрос: «А закономерен ли он?». И если «Да», то как возник, по каким законам протекает, куда направлен и к чему ведет?

Выделим минимальный комплекс взаимосвязанных элементов, определяющих глобализацию: экономика, система образования, государство как политическая система и социальные институты, каждый из которых — тоже сложная система, и обоснуем этот выбор.

К созданию искусственной системы «социум» людей привела потребность повысить надежность выживания. Потребность стать независимым от внешней среды и природная способность психики человека к творческой деятельности привела его к созданию орудий охоты и труда и тем самым — к формированию искусственной системы «экономика» вначале для производства продуктов питания, инструментов и предметов быта, а в дальнейшем — новых источников энергии, средств связи, передвижения и т. д. Чтобы быстрее развиваться за счет передачи от поколения к поколению накапливаемого опыта — к созданию **системы образования**. Потребность установить и поддерживать определенные взаимоотношения между членами сообщества — к появлению нравственных норм и **социальных институтов**. Потребность защищать себя и свою территорию — к возникновению искусственной системы «государство» (Шрагина, Меерович, 2011, 2012, 2015).



Минимальная схема социума как искусственной системы

Для анализа причин развития каждого элемента используем общую схему развития искусственной системы (ИС).

Этапы **экономики** принято классифицировать по основному продукту, производством которого занято максимальное количество населения. Эти изменения идут от производства продуктов питания (сельскохозяйственный этап) к производству машин и механизмов (промышленный этап) и идей и технологий (информационный этап), что показывает явное **повышение уровня идеальности производимого продукта в направлении его интеллектуализации** и соответствует основному закону ТРИС.

Но такое развитие экономики может быть обеспечено только за счет все возрастающего значения знаний и человеческого капитала в процессе производства, что по цепи системных связей «тянет» за собой изменение основной функции **системы образования** (детальный анализ этих изменений проведен в Главе 3).

А повышение уровня интеллектуализации большого количества населения неизбежно ведет к потребности изменять **социально-экономические отношения** между членами сообщества по вертикали и по горизонтали и к появлению новых **социальных институтов**, обеспечивающих каждой личности все больший уровень свободы и прямого участия в управлении жизнью социума.

Проанализируем **развитие государства** как искусственной системы. В свое время его потребности в лучшей реализации своей основной функции привели к созданию ряда подсистем, выполняющих **вспомогательные функции**: религии — как идеологической основы общественных отношений; юриспруденции — чтобы перевести общепринятые внутри социума нормы поведения и традиции в однозначные правила (законы). Для сохранения идеологии и обеспечения выполнения законов создавались службы безопасности и полиция. Для защиты от внешних врагов — армия. Иными словами, **при создании государства как искусственной системы в его**

принцип действия — защита частной собственности — закладывались формы взаимодействия между людьми, направленные не на развитие положительных, а на ограничение проявления негативных качеств личности.

Теоретически элементы, обеспечивающие сохранение социальных институтов, должны были бы создавать максимально комфортные условия для каждого члена социума. Фактически же отношения между членами определяются мотивацией к действиям. А мотивация — стремлением к удовлетворению тех потребностей, которые определяются системой ценностей. Но, приняв в качестве принципа действия государства защиту частной собственности, социум тем самым определил главный **параметр уровня социальной значимости** каждого члена сообщества — количество престижных материальных объектов, которыми он владеет.

Еще в конце XIX века Т. Веблен сформулировал **концепцию «демонстративного потребления»**: поведение представителей класса богатых обусловлено инстинктом соперничества и желанием прославиться, поэтому многие товары создаются и покупаются не для того, чтобы удовлетворить свои личные жизненные потребности, а чтобы выделиться среди других, продемонстрировать себя как состоятельных людей (Розмаинский, Холодидин). Тезис «жить лучше» означает не «лучше, чем вчера», а **«лучше, чем другие»!**

С учетом затрат на защиту частной собственности на разных уровнях примерно **20% мировой экономики** функционирует не для того, чтобы развивать каждого члена социума, повышать его материальный и духовный уровни, а для того, чтобы предупреждать — с целью сохранения социальной стабильности — последствия проявлений его агрессивности, жадности, амбициозности, стремления к самоутверждению за счет других членов. **Социальные институты современного рынка**, построенные на защите частной собственности — на высшей степени рациональности и вычислении чистой выгоды, **разрушительны для личности и стали тормозом на пути развития экономики.**

Государство как система управления социально-экономическими отношениями опирается на систему ценностей, принятую в

обществе. Система ценностей человека определяется его воспитанием, а воспитание — один из результатов деятельности системы образования, обеспечивающей эффективное функционирование экономики. Такая взаимосвязь между элементами системы периодически приводит социум к необходимости разрешать диалектическое противоречие: **государству, чтобы выжить — нужно развивать экономику. Чтобы развивать экономику — нужно развивать человека. Но мыслящая личность задумывается не только над поиском решения производственных проблем — она оценивает также, кто и как ею управляет и как распределяется произведенный ею продукт.**

Экономисты давно пришли к выводу о существовании объективных экономических законов, на эффективность действия которых накладываются разнообразные внеэкономические факторы — этические, психологические, юридические. Их взаимопереплетение создает институциональную среду и в настоящее время оказывает такое влияние на экономический рост, что инвестиции обеспечивают эффективность экономического развития лишь на 20%. Ведущим же фактором является социальная политика и нравственно-психологическая обстановка в обществе (Гундаров, 2009).

Исследования общего уровня жизни подтверждают, что **размер ВВП на душу населения значительно меньше влияет на показатели продолжительности жизни, уровень преступности, уровень образования и грамотности и здоровья населения в стране, чем разница между самыми богатыми и самыми бедными слоями населения** (Камерон, 2009). Таким образом, если в основе политики лежит экономика, **то в основе экономики — психология личности!**

Какие же выводы можно сделать из проведенного анализа?

В соответствии с основным законом ТРИС, развитие искусственной системы подчиняется объективным законам и всегда направлено в сторону повышения уровня ее идеальности — с точки зрения человека, создателя и пользователя этой системы. В развитии экономики как ведущего компонента системы «социум» этот закон требует сокращения затрат на ее функционирование, что ведет к свободному движению капитала, товаров и рабочей силы вначале на территориальном, а затем на региональном и меж-

континентальном уровнях, превращая тем самым всю планету в единый рынок. Так что **глобализация** как следующий этап функционирования ИС «социум», с позиций ТРИС, **неизбежна**, так как обеспечивает его наиболее экономичное существование.

Взаимозависимость экономик различных стран привели к их объединению в единую целостную систему и появлению транснациональных корпораций (ТНК). В результате к 2012 году реальный сектор глобальной экономики, на который приходится 60% мировых доходов, контролируют 1318 компаний. В ядре этих монополий (147 взаимосвязанных корпораций) сосредоточено 40% общемирового капитала (Кто правит миром, 2009).

И здесь возникает рассогласование целей. Цель адептов рыночной экономики — создать глобальную социальную систему для «золотого миллиарда» на основе «западной» системы ценностей, сохранив тем самым свою власть. Этой цели, и очень активно, противостоят исламская, китайская, индийская и ряд других идеологий — источник межнациональных и межконфессиональных конфликтов.

Глобализация (опять-таки — по линии системных связей!) вызывает потребность в унификации всех параметров деятельности социума — производственных, финансовых, правовых, экологических, информационных и других, и, оказывая влияние на внутреннее развитие стран, неизбежно ведет к **интернационализации человечества и созданию единого наднационального тоталитарного управления**. Его первые «вестники» — ООН, Всемирная торговая организация, Всемирная продовольственная организация, Всемирный банк реконструкции и развития, Всемирная организация здравоохранения, Международный валютный фонд, Страсбургский суд по правам человека, Стокгольмский арбитражный суд, «Репортеры без границ» и т. п.

Смена системы ценностей и, тем самым, основного параметра оценки уровня социальной значимости каждого члена социума высвободит огромные природные, материальные и человеческие ресурсы за счет устранения социальных институтов, выполняющих в системе «государство» вспомогательные функции. Тем са-

мым, в соответствии с основным законом ТРИС, будет повышаться уровень идеальности системы «социум» за счет полного раскрытия каждым его членом своих способностей и реализации своих возможностей (Меерович, Шрагина, 2002). Исход противостояния будет зависеть от уровней гражданской активности и социальной нравственности большинства членов социума.

Глава 14.

Системный анализ конфликта: возможна ли толерантность?

Каковы причины конфликтов в межличностных отношениях? Функционально-системный подход, анализируя причины возникновения конфликтов на производстве и в быту, приводит нас к выводу, что в их основе — такие субъективные факторы, как различие в системе ценностей взаимодействующих личностей, которое в конечном счете проявляется в форме и уровне их потребностей.

- Смертный бой за корону? – спросила Алиса.
- Ну конечно, — сказал Король.
 - Смешнее всего то, что они бьются за мою корону!

Источником активности любого живого существа, в том числе человека, выступают его потребности. Вызывая мотивацию («Я хочу!»), они побуждают к деятельности. Одной из форм про-

явления активности, обеспечивающих поддержание жизненно важных связей с окружающим миром и возникающих в процессе деятельности, является общение — взаимодействие между субъектами¹⁸ в форме установления и развития контактов между ними. В масштабах жизнедеятельности человека общение обеспечивает прежде всего реализацию функций обучения, воспитания и развития личности как главное условие выживания. Во время контактов возникают межличностные отношения и происходит удовлетворение тех или иных потребностей в той или иной форме.

Воспользуемся краткой, но наиболее обобщающей классификацией потребностей личности (Маслоу, 1996) и рассмотрим их с точки зрения функционального подхода: какую основную функцию в жизни человека они выполняют.

1. *Биологические потребности.* Сюда входят физиологические потребности (удовлетворение голода, жажды, полового влечения и др.) и потребность в безопасности (чувствовать себя защищенным, не испытывать страх, быть здоровым). Основная функция биологических потребностей — быть живым: обеспечить видовое и/или индивидуальное существование человека.

2. *Социальные потребности.* К ним относятся потребность в принадлежности к общности (необходимость находиться рядом с людьми, быть признанным и принятым ими), потребность уважения (компетентность, достижение успехов, признание, авторитет) и др. Человек как вид закрепился в «стадном» существовании, и, таким образом, к чисто биологическим потребностям присоединяется требование не просто «быть живым», а «быть живым в стаде». Основная функция социальных потребностей — принадлежать к социальной группе, занимать в ней определенное место, пользоваться вниманием окружающих, испытывая

¹⁸ В широком смысле в качестве одного из субъектов общения могут выступать любые объекты: например, море («Прощай, свободная стихия!»), собака («Дай лапу, Джим, на счастье мне!») и др. Здесь мы не будем останавливаться на общении как форме отношения человека с самим собой, природой, Богом и т.д.

чувство значимости в форме любви, авторитета или власти среди себе подобных.

3. *Высшие (идеальные, или духовные) потребности.* К ним относятся познавательно-творческие (знать, понимать, уметь, исследовать, создавать что-либо новое), духовные (познание смысла своего существования и смысла жизни), нравственные и эстетические. Высшие потребности — реализация своих способностей, развитие собственной личности — наиболее полно способствуют самоактуализации человека.

Если первых два вида потребностей присущи практически всем биологическим сообществам живой природы, то третий вид принадлежит только представителям человеческого сообщества. Именно наличие высших потребностей (если такую категорию, как потребности, взять для анализа различий между живыми существами) является видовым признаком человека. Наличие и реализация этих потребностей выполняет, на наш взгляд, функцию **очеловечивания** человека. (Очень важный фактор — **форма удовлетворения** потребностей: они различны как у этнических групп, так и у отдельных людей.) Можно сказать, что **история развития личности есть история развития ее потребностей!**

Человеческое сообщество по половому и возрастному признакам состоит из мужчин, женщин и детей, относящихся к разным народам и национальностям. Это позволяет обобщенно представить все формы межличностного общения в виде таблицы (морфологической матрицы):

	Мужчина	Женщина	Ребенок
Мужчина	М + М	М + Ж	М + Р
Женщина	Ж + М	Ж + Ж	Ж + Р
Ребенок	Р + М	Р + Ж	Р + Р

Задавая каждому представителю сообщества различные социальные роли, получим на пересечении строк и колонок все разно-

образии и многоплановость вариантов взаимодействия между людьми:

МУЖЧИНА — МУЖЧИНА: отец — взрослый сын, друг — друг, брат — брат (взрослые), коллега — коллега, начальник — подчиненный и др.

МУЖЧИНА — ЖЕНЩИНА: начальник — подчиненная, муж — жена, коллега — коллега, любовник — любовница, отец — взрослая дочь, брат — сестра и др.

МУЖЧИНА — РЕБЕНОК: отец — сын (или дочь), учитель — ученик, тренер — ученик и др.

ЖЕНЩИНА — ЖЕНЩИНА: начальница — подчиненная, подруга — подруга, сестра — сестра, коллега — коллега, мать — взрослая дочь и др.

Аналогично могут быть рассмотрены варианты социально-ролевых отношений пар **ЖЕНЩИНА — РЕБЕНОК** и **РЕБЕНОК — РЕБЕНОК**.

Так как жизнь — это непрерывный процесс общения (в общественной и профессиональной деятельности, в личной жизни), то в отношениях между членами этих пар часто возникают претензии — выраженное или скрытое недовольство людей друг другом, связанное, как правило, с неудовлетворением каких-либо потребностей.

В целом в качестве источников претензий (у одного из участников к другому или взаимные претензии) выступают противоречия, которые возникают там, где есть рассогласование:

1) *ценностных ориентаций* — по нравственным нормам, взглядам, убеждениям. Если существуют различия в убеждениях и морально-нравственная несовместимость, возникновение претензий неизбежно;

2) *ожиданий и позиций*. Такое непонимание обычно возникает между людьми, разными по возрасту, профессиональной принадлежности, жизненному опыту и интересам. И чем больше эти различия, тем недопонимание между ними может стать глубже и породить взаимную неприязнь;

3) *знаний, умений, способностей, личностных качеств.* Различия в уровне образования приводят к тому, что люди становятся малоинтересны друг другу. Существуют психологические барьеры из-за возможных индивидуальных различий интеллектуального характера («он слишком умный!»), которые могут породить неприязнь и привести к вражде. Такие индивидуальные личностные различия в свойствах темперамента, как импульсивность, вспыльчивость, и такие черты характера, как стремление доминировать, бесцеремонность в обращении и др., порождают напряженность в человеческих отношениях;

4) *в понимании, интерпретации информации.* Не все люди от природы наделены одинаковой способностью к пониманию того, что происходит с ними и вокруг них. То, что очевидно для одного, может стать неразрешимой проблемой для другого. (Эти вопросы обсуждаются в соционике, нейролингвистическом программировании, психологии понимания, герменевтике и др.);

5) *оценок, самооценок.* В отношении себя и ситуации у каждого из участников они могут быть адекватными, заниженными или завышенными и не совпадать;

6) *физических, эмоциональных и других состояний* («сытый голодному не товарищ»);

7) *целей, средств, методов деятельности.* Потенциально взрывоопасной является ситуация, в которой два или несколько человек имеют противоречивые, несовместимые друг с другом мотивы поведения. Каждый из них, преследуя свои личные цели, осознанно или неосознанно препятствует достижению целей другими индивидами;

8) *функций управления.*

9) *экономических, технологических и других процессов.*

Наиболее острая форма недовольства проявляется как *«процесс резкого обострения противоречий и борьбы двух или более сторон — участников в решении проблемы, имеющей личную значимость для каждого из участников».* В психологии подобные отношения определяются как **конфликт** — «столкновение противоположно направленных, несовместимых друг с другом тенденций, отдельно

взятого эпизода в сознании, в межличностных взаимодействиях или межличностных отношениях индивидов или групп людей, связанное с отрицательными переживаниями» (Андреев, 1994; Корнелиус, Фейр, 1994).

Каковы же источники противоречий, порождающих конфликты в процессе общения?

С точки зрения понятия «система» общение — это объединение субъектов, предназначенное для удовлетворения одного или нескольких видов потребностей и создающих своим объединением межличностные отношения.

Такое определение позволяет выявить условия, при которых общение будет положительным, и основные источники взаимных претензий, которые могут перерасти в противоречие и завершиться конфликтом. Это — прежде всего отношение к основной функции: если все субъекты (участники общения) одинаково понимают и принимают основную функцию, т.е. их потребности совпадают, общение, даже при наличии взаимных претензий, будет носить характер сотрудничества, здоровой конкуренции и приведет к положительным результатам. Так в успешно работающем производственном коллективе все сотрудники вносят свой профессиональный и психологический вклад (не всегда даже видимый!) в его работу. В дружной семье все ее члены поддерживают и усиливают друг друга.

Но отношение к основной функции может не совпадать. Прежде всего потому, что интересы людей существенно различаются, а потребности их таковы, что зачастую могут быть удовлетворены лишь за счет нарушения интересов других людей или пренебрежения ими. Например, начальнику нужно, чтобы подчиненный много и хорошо работал за минимальную зарплату, а у подчиненного желания совершенно противоположные... Родители хотят, чтобы ребенок больше времени отдавал школьной учебе, музыке и иностранному языку, а ребенку хочется иметь больше времени для спорта, чтения и общения со сверстниками. И так далее.

Таким образом, межличностные отношения — новое системное качество, которое появляется в процессе общения, — либо

усиливает общающихся субъектов, либо служит причиной возникновения недовольства, споров, претензий и конфликта между ними.

Для анализа конфликтной ситуации и поиска возможного эффективного варианта ее разрешения воспользуемся алгоритмом анализа проблемных ситуаций — АРПС.

Анализ начинается с формулирования основной функции системы, ее состава и нежелательного эффекта, возникающего в процессе функционирования системы.

Итак, система «общение» для удовлетворения одной или нескольких потребностей состоит из участников общения А и В (с их индивидуальными качествами), цели общения (потребности) и межличностных отношений (связей). В процессе общения возникает нежелательный эффект ($HЭ_1$) — претензия участника общения А к участнику В. Нежелательный эффект чаще всего возникает тогда, когда один участник общения в процессе какой-либо деятельности предъявляет к другому участнику новые, повышенные требования или пытается что-то изменить в сложившейся системе общения.

Для удовлетворения этой претензии участник В предлагает средство устранения (СУ) — некое действие, приводящее к устранению $HЭ_1$. (Это действие уже может существовать в данной системе, но в недостаточной мере или для его выполнения необходимо введение дополнительной системы. Как известно, человеческие отношения — сложная многофакторная система, и средство, решающее проблему, находится не всегда и не легко.) Если предлагаемое СУ удовлетворяет участника А, то $HЭ_1$ устраняется и конфликт не возникает. Если же предлагаемое СУ не удовлетворяет участника А, то возникает новый нежелательный эффект ($HЭ_2$).

$HЭ_1$, СУ и $HЭ_2$ связаны причинно-следственной связью:

1. Если ввести СУ, то $HЭ_1$ устраняется, но возникает $HЭ_2$.
2. Если же СУ не вводить, то $HЭ_2$ не возникает, но сохраняется $HЭ_1$.

Такая форма причинно-следственной связи создает техническое противоречие, т.е. такое свойство связи между двумя взаимо-

действующими участниками общения, при котором нужное для участника А изменение формы общения вызывает недопустимое изменение формы общения для участника В, и наоборот.

Постановка задачи по предотвращению конфликта в идеальном варианте может быть сформулирована следующим образом: не вводя СУ и тем самым не создавая НЭ₂, устранить НЭ₁.

Определим оперативную зону (ОЗ) — зону, в которой сталкиваются несогласуемые (в предельном случае — противоположные) интересы участников общения. Так как основной функцией общения является удовлетворение потребностей, то очевидно, что оперативной зоной будет отношение каждого из участников общения к содержанию потребностей и форме их удовлетворения.

Для поиска эффективного решения важно принимать во внимание и оперативное время (ОВ) — период возникновения претензии и протекания самого конфликта.

Сам конфликт в терминологии АРПС выступает как физическое противоречие для данной проблемы и может быть сформулирован как предъявление каждым участником в ходе общения противоположных требований к одному и тому же:

- объекту потребности («Эта земля должна быть моей, а не его, чтобы моя столица была дальше от его границы!»);
- содержанию потребности («Я сделаю то, что Я хочу, а не то, что ТЫ хочешь, потому что я лучше тебя знаю, что правильно!»);
- способу реализации потребности («Отдыхать мы будем в горах, а не на море, потому что я люблю кататься на лыжах, а не барахтаться в грязной воде!»).

Среди причин можно назвать и другие субъективные факторы, в том числе и неприятие людьми друг друга, возникающее на основе рассогласований, рассмотренных выше.

Идеальный конечный результат (ИКР): необходимо найти в содержании потребностей каждого участника такие ресурсы, которые позволят получить результат общения, удовлетворяющий одного из участников и не вызывающий негативного состояния другого участника. Специалисты по ведению переговоров определяют

его так: «Не ведите позиционный торг! Говорите об интересах, а не о позициях!» (Фишер, Юри, 1992).

Результат разрешения претензии (конфликта) для каждого из участников может быть оценен следующим образом: победа, компромисс или подавление (поражение). Для анализа межличностных отношений и оценки психологического состояния каждого участника составим таблицу (морфологическую матрицу) возможных сочетаний этих результатов:

	Выигрыш	Компромисс	Подавление
Выигрыш	+	0	--
Компромисс	0	0	--
Подавление	--	--	--

Из девяти возможных сочетаний результатов выхода из конфликта только вариант совместного сотрудничества (при определении общей цели) дает каждому участнику ощущение выигрыша. Во всех остальных вариантах одна или обе стороны ощущают неудовлетворенность, которая со временем неизбежно становится причиной новых конфликтов. Этот вывод подтверждается всей историей человеческих отношений и проявлением страстей на самых разных уровнях — государственных, социальных, национальных, личностных...

Как указывалось выше, основная функция системы «общение субъектов» — это удовлетворение личностных потребностей. Рассмотрим способы, посредством которых система реализует свою основную функцию на каждом из уровней потребностей и, соответственно, корни возникновения конфликтов.

На биологическом уровне удовлетворения потребностей претензии возникают из-за отсутствия жилья («своей территории»), отсутствия достаточного количества пищи либо ее соответствующего качества, желаемого партнера по сексу и т.д. Претензии также возникают из-за индивидуальных различий между людьми: предпочтение различной пищи, различных вариантов отдыха, планирования семьи и т.д. В человеческом сообществе биологиче-

ские потребности реализуются через социальные формы. Причиной возникновения всех конфликтов чаще всего является ограниченность материальных ресурсов. Наиболее масштабное проявление «биологических» конфликтов — войны за территорию, этнические чистки, межнациональная и межрасовая нетерпимость.

На социальном уровне все просто «кипит» от конфликтных ситуаций, одна часть которых корнями уходит в биологический уровень (материальный доход), а вторая часть вытекает из психологической потребности самоутвердиться — быть значимым в обществе. Комплексное и крайнее проявление этой тенденции — власть ради власти, т.е. возможность распоряжаться судьбами себе подобных.

Социальная потребность как стремление самоутвердиться и борьба за лидерство обострились, когда создание и развитие орудий производства решило проблему выживания человечества как вида на биологическом уровне.

Реализация социальной потребности происходит, как правило, за счет других членов общества, а результаты своих достижений демонстрируются наличием тех ценностей, которые в этом обществе признаны. А общество во все времена оценивает достижения каждого ее члена чаще всего по количеству и качеству принадлежащих ему материальных ценностей, что является прямым следствием рыночной экономики и экономического развития.

Возникает противоречие: лидер должен подавлять остальных членов общества, чтобы возвышаться над ними, и должен поднимать их, чтобы обеспечить себе достойное и безопасное существование. Для разрешения этого противоречия и сохранения общества как системы необходимы правила, регулирующие отношения между людьми. Так возникают такие социальные понятия, как «закон», «мораль» и «нравственность», а в результате — «общечеловеческие ценности», которые и стали **социальной предпосылкой** для появления идеи толерантности как условия стабильного существования.

При реализации человеком своих потребностей в интеллектуальной и творческой видах деятельности может быть создан продукт, который обеспечит его создателю социальный престиж и материальный достаток. Рост социального престижа творческой деятельности (умный, талантливый и т.д.) и материальные возможности, которые обеспечивают ее результаты (скульптуры, фильмы, изобретения, картины и т.д.), часто вызывают зависть окружающих и могут стать предлогом для конфликтов, корни которых уходят в первый и второй уровни потребностей.

В историческом плане развития как человечества, так и отдельного человека потребности развиваются в их постоянном взаимодействии и влиянии друг на друга, определяя и обуславливая появление обратного влияния: не только снизу вверх, но с определенного периода и сверху вниз: так, например, истинное религиозное мировоззрение определяет и пронизывает жизнь верующего человека «на всех уровнях».

Неприязнь (вражда) между людьми, когда она уже возникла, становится трудно устранимой, так как связанные с ней отрицательные эмоциональные переживания весьма устойчивы, возникают автоматически и с трудом контролируются сознанием (Немов, 1995).

Психологический анализ источников активности человека — его потребностей, побуждающих человека к деятельности, — и результаты разрешения конфликтов, возникающих в процессе этой деятельности, предлагают неутешительный вывод: толерантность — терпимость к иному рода взглядам, нравам, привычкам — в настоящее время в массовом проявлении невозможна.

Но этот же анализ показывает, что человек выступает носителем и таких специфических видов человеческой активности, как творческая, нравственная, духовная, эстетическая. И если история развития личности действительно есть история развития ее потребностей, то **психологической основой** идеи толерантности является возникновение и реализация высших потребностей человека.

В историческом плане идея толерантности очень молода. Ее появление связано с необходимостью обеспечить стабильность су-

ществования общества путем снятия напряженности между народами, нациями и религиями, а также идеей признания равенства и ценности каждого человека независимо от его расовой, национальной и социальной принадлежности.

Отсюда следует, что толерантность может проявляться только как *осознанная* позиция: люди имеют право быть разными — с другими взглядами, цветом кожи, нравами, привычками. Но, в отличие от проявления равнодушия, безразличия и отсутствия позиции, толерантность «является признаком уверенности в себе и сознания надежности своих собственных позиций, признаком открытого для всех идейного течения, которое не боится сравнения с другими точками зрения и не избегает духовной конкуренции»¹⁹.

Иными словами, толерантность может возникнуть только как осознанная жизненная позиция и как элемент мировоззрения человека (общества). Такая позиция и такое мировоззрение могут быть сформированы только на определенном уровне нравственного и интеллектуального развития. И если источники нетерпимости и конфликтов лежат в биологической природе человека, то способы выхода из конфликтов всецело зависят от уровня «очеловеченности» каждого из его участников.

Наличие специфических человеческих потребностей, которые также выступают источником активности для многих людей, позволяет, на наш взгляд, проявлять осознанный оптимизм в ответе на вопрос: «А возможна ли толерантность в человеческом обществе?».

¹⁹ Философский энциклопедический словарь. — М.: Наука. 1997. — С. 457.

Глава 15.

О понятии «Достойная цель» в жизнетворчестве

По мере развития общества и меняющихся представлений о морали и нравственности формируется такое социальное (системное!) понятие, как «общечеловеческие ценности»: в качестве основной ценности все больше и больше признаются человеческая жизнь и права личности. Как следствие, встает вопрос о роли (функции!) человека в природе, о смысле и цели жизни.

Памяти Учителя — Генриха Сауловича Альтшуллера

Только соучастие в бытии
других живых существ
обнаруживает смысл и
основание собственного бытия.

Мартин Бубер

При разработке теории развития творческой личности в качестве «творческой» рассматривается личность, деятельность которой имеет социально значимый результат в одной или нескольких

сферах науки, техники, искусства. Исследование около 1000 жизнеописаний, составленных как самими творческими личностями, так и их биографами, позволило выделить ряд общих компонентов, одним из которых является наличие достойной цели в их жизни. Характеризуя основные критерии, определяющие достойную цель, исследователи, тем не менее, указывают, что полного и однозначного определения этого понятия пока не существует (Альтшуллер, Верткин, 1994).

Попробуем выявить содержание этого понятия. Для анализа используем приемы функционально-системного подхода, применяемого в теории развития искусственных систем (ТРИС) для изучения объективных законов развития вначале технических, а затем и любых искусственных систем. Под понятием «система» будем понимать объединение элементов, предназначенных для выполнения определенной функции и создающих своим объединением новое свойство. Под искусственной системой будем понимать системы, созданные человеком или обществом (Меерович, Шрагина, 2016).

С позиций функционально-системного подхода любая искусственная система возникает в ответ на появление какой-либо потребности. Система «достойная цель» является культурным (искусственным) образованием, возникшим в социуме, поэтому первым встает вопрос о ее функции в жизни человека и элементах, ее составляющих. Исходя из этого, остановимся кратко на основных потребностях человека, чтобы выявить, когда мог возникнуть такой чисто человеческий компонент бытия, как «достойная цель».

На первом этапе своего существования человек присутствовал в биологической цепи природы как одно из звеньев и имел столько же шансов на выживание, как и любой другой живой организм. Но в ходе борьбы за выживание человек стал использовать не только физиологические возможности своего организма, но и возможности творческие — возможности разума. Созданные с помощью разума орудия труда позволили человеку активно вмеша-

ваться в природный процесс и таким образом решить проблему выживания, что выделило человека как вид из общей биологической цепи.

Решение проблемы выживания на биологическом уровне обострило и развило вторую потребность — социальную, свойственную высшим живым организмам: быть значимым среди себе подобных. Для победы в этой борьбе необходимо было искать и находить новые — творческие! — ходы. По мере развития общества физическая сила и агрессивность как основные аргументы в дискуссиях постепенно уступают место определенным правилам взаимоотношений — законам, в которых все больше и больше в качестве основной ценности признаются человеческая жизнь и права личности. На основе меняющихся представлений о морали и нравственности формируется такое социальное (системное!) понятие, как «общечеловеческие ценности», и, как следствие, встает вопрос о **роли (функции)** человека в природе.

При этом весьма характерно, что этот вопрос ставит не природа человеку как одному из своих элементов, а человек сам себе! Ибо «человека разумного» восприятие себя как чисто биологического существа и, соответственно, цели жизни как простого воспроизводства себе подобных уже не устраивало. И. Кант, в частности, эти вопросы сформулировал так: «Что я могу знать? Что мне надлежит делать? На что я смею надеяться? Что такое человек?»²⁰.

Итак, одной из отличительных особенностей человека будем считать наличие разума как продукта психической деятельности, позволяющего не только осознавать окружающий мир, но и активно вмешиваться в происходящие в нем биологические и социальные процессы. Но творческая деятельность преобразует не только окружающий мир — прежде всего она преобразует самого человека: его мышление, его внутренний мир. И чем сложнее преобразования, которые необходимо совершить во внеш-

²⁰ Цит. по: Бубер Мартин. Два образа веры. — М.: Республика, 1995. — С. 159.

нем мире, тем совершеннее должен быть разум — инструмент, выполняющий эти преобразования. Чтобы продуктивно пользоваться этим инструментом, должен был возникнуть третий вид потребностей — творческий (по более детальной классификации А. Маслоу — пятый (Маслоу, 1996)), и их иерархия очевидна.

И опять возникает противоречие: если первая — биологическая — потребность «выжить как вид» проявляется прежде всего в отношениях с более сильным звеном биологической цепи системы «природа», то социальная и творческая потребности являются другим системным свойством — они могут проявляться только в системе «общество», состоящей из множества «человеков». Таким образом, чтобы быть творческой, личность должна выделяться своими достижениями на фоне достижений других людей, при этом каждый должен стремиться самоутвердиться за счет других. А как продемонстрировать уровень, на котором ты находишься? От момента зарождения и вплоть до настоящего времени результаты, достигнутые каждым своим членом, общество вознаграждает чаще всего материально и соответствующим образом оценивает: «Что у тебя есть и сколько ты стоишь?». Отсюда следует, что нормы морали общества, в том числе современного, соответствуют первому-второму уровням иерархии потребностей и связаны с результатами экономического развития.

Современная экономика характеризуется ростом темпа смены технологий на все более наукоемкие. Соответственно растет число творческих профессий, требующих высокого интеллектуального развития и самостоятельного принятия решений в ситуациях неопределенности. Так равноправие, которое было вначале нормой морали для части общества, постепенно и неизбежно — с ростом уровня технологий и развитием производительных сил — перерастает в равноправие для всех членов общества. И если государство хочет находиться в числе развитых, его система образования должна формировать в новых членах общества качества творческого мышления, позволяющие им быстро и с положительными эмоци-

ями менять квалификацию при смене технологий и успешно решать творческие задачи (Меерович, Шрагина, 2016).

Таким образом, в настоящее время в системе «общество» в качестве базовых оказываются взаимосвязанными демократизация творчества как основная потребность экономики и гуманизация образования с целью разностороннего совершенствования структуры личности, что неизбежно ведет к гуманизации общества в целом и возникновению общества творческого типа. В таком обществе в качестве основной ценности и норм морали будет принято удовлетворение не от материального достатка, а от самого процесса творческой деятельности (все истинное невидимо!): «Сделай так, чтобы больше всего люди любили труд и знание, чтобы труд и знание стали единственным смыслом их жизни!»²¹. Стремление самовыразиться в таком обществе будет реализовываться не как самоутверждение за счет других членов, а как творчество в любой избранной области (Гессе, 1992).

Для достижения таких норм необходимо развитое мышление, «игра» которого и позволит заниматься творчеством на благо обществу. Но при этом надо осознавать, что и в отдельной личности, и в обществе в целом интеллект без соответствующего уровня нравственности может проявляться как высшее зло, а нравственность (духовность) без интеллекта бессильна.

Любая цель выполняет смыслообразующую функцию жизни человека. Если принять, что смысл жизни человека — быть **человеком вместе с человечеством**, то эволюцию каждого отдельного человека можно рассматривать как результат его внутреннего развития — его **очеловечивания**. Тогда для нашего времени достойная цель — это путь (или деятельность) человека, которая способствует реализации смысла собственной жизни и (пусть даже косвенно!) жизни других людей. И чем больше эта деятельность помогает другим стать **человеком**, тем уверенней ее можно назвать **достойной целью**. И если процесс прекращается, то ис-

²¹ Стругацкие А. и Б. Трудно быть богом. Библиотека современной фантастики в 15 т. Т.7. — М.: Молодая гвардия, 1967. — С. 175.

чезает и достойная цель. При этом совсем не обязательно, чтобы такая деятельность приводила к появлению материального конечного продукта — более того, продукты этого пути значительно чаще будут обнаруживаться в «идеальном» виде — в росте духовности.

Таким образом, в качестве достойной цели предлагается рассматривать деятельность личности, направленную на формирование **нравственного разума** как своей отличительной особенности и на преодоление биологических мотивов в своем поведении в пользу социальных.

Заключение

С социальной точки зрения вся история человечества — это, по сути, устранение какого-то очередного неравенства: свободный — раб, знатный — простолюдин, богатый — бедный... Неравенства, обеспечивающего все меньшей и меньшей части населения дополнительные блага за счет труда все большей его части. Последний период истории ввел очередную градацию (в терминологии ТРИС — переход на микроуровень): творец — исполнитель. В масштабах планеты это выглядит так: страна — генератор наукоемких идей и страна — сырьевой придаток. И соответственно — распределение доходов и качество жизни...

На информационном этапе развития общества формирование качеств творческой личности пока еще продиктовано интересами представителей рыночной экономики, т.е. ориентировано на получение сверхприбылей отдельными странами и фирмами. За декларируемыми рыночной экономикой лозунгами обеспечить потребителя все более качественными товарами фактически стоит не забота о потребителе, а стремление обойти конкурента, стать монополистом в своей сфере деятельности.

На человекотворческом этапе формирование качеств творческой личности будет, на наш взгляд, ориентировано не на рыночную экономику, а на благо всего общества. И если рассматривать такое общество как объединение личностей, каждая из которых работает совместно с другими ради достижения общей цели, то основной функцией образования станет создание условий, при которых каждый член общества сможет полностью раскрыть свои способности и реализовать свои возможности. Содержанием системы образования, направленной на достижение такой цели, станет создание среды, формирующей качества творческой и гуманистической личности, т.е. развитие самого общества, а методи-

кой — непосредственное участие каждого нового человека, вступающего в жизнь, во всех сферах деятельности этого общества, напрямую заинтересованного в том, чтобы вклад каждого его члена был максимальным.

Опираясь на законы развития искусственных систем, можно уверенно прогнозировать, что глобализационные процессы, идущие в экономике, сотрут не только межгосударственные, но и межнациональные и межконфессиональные границы, разногласия и противоречия. Все возрастающая интеллектуализация общества, вызванная невиданным ранее темпом развития науки, и рост общей культуры ведут к переоценке жизненных ценностей, к смещению акцентов в сторону духовных потребностей. Уничтожены будут все причины, порождающие неравенство между людьми. И нормой жизни, а не красивой декларацией, станет первый пункт Всеобщей Декларации прав человека: «Все люди рождаются равными, независимо от цвета кожи, расы и вероисповедания...»

Да, конечно, креативные качества во многом зависят от генетики. Но, как показывает практика, огромное значение приобретает и система образования, готовая с самого раннего детства развивать задатки, заложенные в человеке природой.

Сформировать творческие навыки может только носитель таких навыков — **творческий учитель**, реализующий потребности общества. Подготовить такого учителя массово в условиях тоталитарного государства невозможно: творческий учитель — это элемент творческого, демократического социума мысли и знания, с атмосферой всеобщего и всеобъемлющего познания, пронизанной творческим напряжением.

Приложение 1. Схема АРПС

Алгоритм решения проблемных ситуаций (АРПС)²²

ВНИМАНИЕ!

Алгоритм — инструмент ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ мышления, а не ВМЕСТО мышления.

Не спешите. Тщательно обдумывайте и записывайте каждый шаг.

Шаг 1. Техническая система для (указать основную функцию ОФ) путем (указать принцип действия системы ПД) состоит из (указать полный состав системы) В процессе выполнения (указать основную функцию ОФ) возникает нежелательный эффект НЭ1 — (указать).

²² — Шаги 1 — 2 АРПС разработаны на основе работы В.А. Королева «Первая часть». Шаги 3–7 разработаны на основе шагов частей 2 и 3 АРИЗ-85В в редакции Г.С. Альтшуллера.

В АРПС также использован ряд примечаний из АРИЗ-85В. Полный текст АРИЗ-85В (части 1...9) — см. Г.С. Альтшуллер. Найти идею. Новосибирск. Наука, 1986 г. — *Прим. авт.*

Чтобы устранить (указать нежелательный эффект НЭ1), можно использовать средства устранения СУ (указать возможные средства устранения). Однако при использовании этих средств устранения возникают новые нежелательные эффекты НЭ2 (указать, какие нежелательные эффекты возникают от применения каждого СУ).

Записать схему задачи БЕЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ:

ОФ — (указать условия, при которых ОФ выполняется наилучшим образом!)

ПД — (указать).....

Состав системы (указать)

НЭ1 — (указать)

СУ — (указать)

НЭ2 — (указать)

Рассмотреть варианты технических противоречий в их крайних состояниях и записать их.

ТП1: $\overline{СУ} \rightarrow НЭ1^{23} \rightarrow НЭ2$

Если ввести (указать средство устранения), то (указать нежелательный эффект НЭ1) исчезает, но появляется (указать новый нежелательный эффект НЭ2)

ТП2: $\overline{СУ} \rightarrow \overline{НЭ2} \rightarrow НЭ1$

Если же (указать средство устранения) не вводить, то (указать новый нежелательный эффект НЭ2) не возникает, но сохраняется (указать нежелательный эффект НЭ1)

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$\overline{СУ} \rightarrow \overline{НЭ2} + \overline{НЭ1}$

Отсутствующее («идеальное») (указать средство устранения СУ) не создает (так как оно отсутствует!) (указать новый нежелательный эффект НЭ2) и при этом устраняет (указать существующий нежелательный эффект НЭ1)

²³ — Черточка над обозначением, например, НЭ1, обозначает его противоположное состояние либо отсутствие (не-НЭ1). — *Прим. авт.*

Шаг 3. Определяем оперативную зону ОЗ — зону, где происходит конфликт. В состав ОЗ обязательно должны войти объект, который подвергается вредному воздействию (НЭ1), и объект, который воздействует.

Шаг 4. Определяем оперативное время ОВ. Это время Т состоит из времени выполнения основной функции ТЗ, предконфликтного времени Т2 и времени конфликта Т1.

$$T = T1 + T2 + T3$$

В различных вариантах задач время конфликта Т1 может существовать как самостоятельный параметр, а также являться частью времен Т2 и Т3. Аналогично время Т2 может быть частью времени Т3.

Шаг 5. Сформулировать физическое противоречие на макроуровне — М-ФП: (указать ОЗ!) в (указать время выполнения основной функции ТЗ) должна (указать одно физическое состояние, например, быть горячей), чтобы выполнялась (указать основную функцию), и должна (указать другое физическое состояние, например, быть холодной) в (указать конфликтное время Т1), чтобы не возникал (указать НЭ1).....

Шаг 6. Физическое противоречие на микроуровне — μ -ФП: между (указать контактирующие поверхности) должны находиться частицы вещества, которые обеспечивают (указать физическое состояние, при котором ОФ выполняется наилучшим образом) и обеспечивают (указать противоположное физическое состояние, при котором не возникает НЭ1).

Шаг 7. Сформулировать идеальный конечный результат (ИКР): техническая система должна САМА обеспечивать между (указать контактирующие поверхности) наличие частиц, которые обеспечивают (указать противоположные физические состояния)

Шаг 8. Сформулировать требования к свойствам, которыми должны обладать частицы, чтобы обеспечить условия, при которых не возникнет НЭ1: частицы должны быть

Шаг 9. Проанализировать состав системы и выяснить, имеются ли в ней элементы, обладающие необходимыми свойствами.

Шаг 10. Если задача решена, перейти к части 7 АРИЗ-85В. Если шаг 9 не обеспечивает решения задачи, перейти к части 4 АРИЗ-85В.

© М.И. Меерович, 1995.

Алгоритм решения проблемных ситуаций (АРПС)²⁴

ВНИМАНИЕ!

Алгоритм — инструмент ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ мышления, а не ВМЕСТО мышления.

Не спешите. Тщательно обдумывайте и записывайте каждый шаг.

Шаг 1. Техническая система для (указать основную функцию)..... путем (указать принцип действия системы) состоит из (указать полный состав системы) В процессе выполнения (указать основную функцию) возникает нежелательный эффект (НЭ₁) (указать).

Чтобы устранить (указать НЭ₁), можно использовать средства устранения (СУ) (указать возможные средства). Одна-

²⁴ Шаги 1–2 АРПС разработаны на основе работы В.А. Королева «Первая часть». Шаги 3–7 разработаны на основе шагов 2 и 3 частей АРИЗ-85В в редакции Г.С. Альтшуллера.

В АРПС также использован ряд замечаний и примечаний из АРИЗ-85В. Полный текст АРИЗ-85В (части 1–9) — см.: Г.С. Альтшуллер. Найти идею. — Новосибирск: Наука, 1986, или <https://www.altshuller.ru/triz/ariz85v.asp>

ко при использовании этих СУ возникают новые нежелательные эффекты ($HЭ_2$) (указать, какие нежелательные эффекты возникают от применения каждого СУ).

Записать схему задачи БЕЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ:

ОФ — (указать условия, при которых ОФ выполняется наилучшим образом!)..

ПД — (указать).....

Состав системы —

$HЭ_1$ — (указать).....

СУ — (указать).....

$HЭ_2$ — (указать).....

Рассмотреть варианты технических противоречий (ТП) в их крайних состояниях и записать их.

ТП₁: $СУ \rightarrow \overline{HЭ_1}^{25} \rightarrow HЭ_2$.

Если ввести (указать средство устранения), то нежелательный эффект (указать $HЭ_1$) исчезает, но появляется новый нежелательный эффект (указать $HЭ_2$)

ТП₂: $СУ \rightarrow \overline{HЭ_2} \rightarrow \overline{HЭ_1}$.

Если же (указать средство устранения) не вводить, то новый нежелательный эффект (указать $HЭ_2$) не возникает, но сохраняется нежелательный эффект (указать $HЭ_1$)

Шаг 2. Постановка изобретательской задачи:

$\overline{СУ} \rightarrow \overline{HЭ_2} + \overline{HЭ_1}$.

Отсутствующее («идеальное»!) средство устранения (указать СУ) не создает (так как оно отсутствует!) новый нежелательный эффект (указать $HЭ_2$) и при этом устраняет существующий нежелательный эффект (указать $HЭ_1$)

Примечания

1. Техническая система (ТС) — объединение разнородных элементов, предназначенное для выполнения основной функции и создающее при своем объединении новое свойство, которым не обладает ни один из составляющих систему элементов.

²⁵ Черточка над обозначением, например $HЭ_1$, обозначает его противоположное состояние либо отсутствие (не $HЭ_1$). — *Прим. М.М.*

2. Основная функция (ОФ) — действие, для осуществления которого создан данный искусственный объект.

3. Принцип действия (ПД) — закон природы, посредством которого система осуществляет основную функцию.

4. Состав системы — элементы, входящие в состав системы и/или участвующие в осуществлении основной функции, в том числе природные.

5. Нежелательный эффект (НЭ) — вредное для пользователя системы действие, возникающее при выполнении ОФ. НЭ чаще всего возникает, когда пользователь предъявляет к системе новые, повышенные требования или пытается изменить систему, чтобы она выполняла дополнительные функции.

6. Средство устранения (СУ) нежелательного эффекта — изменение, произведенное в самой системе или с помощью дополнительной системы и приводящее к устранению НЭ. Если введение СУ не приводит к возникновению новых действий, вредных для пользователя системы, — проблема решена. Но, как правило, введение СУ, устраняющего один НЭ, создает новый НЭ, что приводит к появлению технического противоречия (ТП).

7. Техническое противоречие (ТП) — свойство связи между двумя взаимодействующими элементами, при котором изменение одного из элементов в полезную для пользователя сторону вызывает вредное для пользователя изменение другого элемента. Техническое противоречие формулируется в форме причинно-следственной связи «если — то — но» в двух (ТП1 и ТП2) крайних для системы состояниях, при которых каждый компонент либо присутствует, либо отсутствует.

При формулировании ТП необходимо заменять общие выражения конкретными формулировками, отражающими сущность явления: например, вместо «неточное измерение» — «малое отклонение стрелки», вместо «разрушается» — «трескается».

8. Термины, относящиеся к элементам технической системы, необходимо заменить простыми словами, снимающими психологическую инерцию.

Термины:

— навязывают старые представления о технологии работы: «Ледокол колет лед» — хотя можно двигаться сквозь лед, не раскалывая его;

— затушевывают особенности веществ, упоминаемых в задаче: «опалубка» — это не просто «стенка», а «железная стенка»;

— сужают представления о возможных состояниях вещества: термин «краска» тянет к традиционному представлению о жидкой или твердой краске, хотя краска может быть и газообразной.

9. Модель задачи условна. В ней выделены нежелательный эффект (НЭ1), который необходимо устранить, и идеальное — отсутствующее! — средство устранения, которое поэтому не вносит новый НЭ. В результате формулируется изобретательская мини-задача: «Все остается без изменений или даже упрощается, но при этом появляется требуемое свойство (действие) или исчезает НЭ1». Переход от ситуации к мини-задаче не означает, что взят курс на решение небольшой задачи. Наоборот, введение дополнительных требований (результат должен быть получен «без ничего») ориентирует на обострение конфликта и заранее отсекает пути к компромиссным решениям.

ВНИМАНИЕ!

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОПРОВОЖДАЕТСЯ ЛОМКОЙ СТАРЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ. ВОЗНИКАЮТ НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ, С ТРУДОМ ОТРАЖАЕМЫЕ СЛОВАМИ. КАК, НАПРИМЕР, ОБОЗНАЧИТЬ СВОЙСТВО КРАСКИ РАСТВОРЯТЬСЯ, НЕ РАСТВОРЯЯСЬ (КРАСИТЬ, НЕ КРАСЯ)?.. ПРИ РАБОТЕ С АРПС ЗАПИСИ НАДО ВЕСТИ ПРОСТЫМИ, НЕТЕХНИЧЕСКИМИ, ДАЖЕ «ДЕТСКИМИ» СЛОВАМИ, ВСЯЧЕСКИ ИЗБЕГАЯ СТЕРЕОТИПОВ, КОТОРЫЕ УВЕЛИЧИВАЮТ ПСИХОЛОГИЧЕСКУЮ ИНЕРЦИЮ.

Шаг 3. Определяем оперативную зону (ОЗ) — зону, где происходит конфликт. В состав ОЗ обязательно должны войти два элемента: объект, который подвергается вредному воздействию ($HЭ_1$), и объект, который воздействует.

Примечание

10. Зона, в которой происходит конфликт, может полностью или частично совпадать с зоной, в которой выполняется основная функция, а может находиться и вне этой зоны.

Шаг 4. Определяем оперативное время (ОВ). Это время T состоит из времени выполнения основной функции T_3 , предконфликтного времени T_2 и времени конфликта T_1 :

$$T = T_1 + T_2 + T_3.$$

В различных вариантах задач время конфликта T_1 может существовать как самостоятельный параметр, а также быть частью времен T_2 и T_3 . Аналогично время T_2 может быть частью времени T_3 .

Примечание

11. В зависимости от времени возникновения конфликта по отношению ко времени выполнения производственной функции существуют три варианта ОВ:

11.1. Вариант «или T_1 , или T_3 »: начавшийся производственный процесс ($T_2 = T_3$) прерывается конфликтом. Система «ждет», когда конфликт завершится (время T_1), чтобы производственный процесс возобновился. В этом случае

$$T = T_1 + T_3 (T_2).$$

11.2. Вариант «и T_2 , и T_3 »: конфликт возникает одновременно с началом производственного процесса, являясь его неотъемлемой частью. Здесь

$$T = T_1 (T_3) + T_2.$$

11.3. Вариант « T_1 — часть T_3 »: конфликт возникает только при определенных параметрах выполнения ОФ. Как правило, цель задачи — свести T_1 к 0, не допустить его возникновения. В данном случае

$$T = T_3 = T_1 + T_2.$$

Шаг 5. Сформулировать физическое противоречие на макроуровне — М-ФП: (указать элемент, находящийся в ОЗ)..... в (указать время выполнения основной функции T_3)..... должен (указать одно физическое состояние, например *быть горячим*)....., чтобы выполнялась (указать ОФ)....., и должен (указать другое физическое состояние, например *быть холодным*)..... в (указать конфликтное время T_1)....., чтобы не возникал (указать НЭ₁).....

Примечания

12. Кроме конфликта типа «вредное действие связано с полезным действием», возможны и другие конфликты: например, «введение нового полезного действия вызывает усложнение системы» или «одно полезное действие несовместимо с другим».

Формулировки ФП и всех последующих шагов должны быть предельно конкретными и однозначными, точно соответствующими формулировкам, сделанным на предыдущих шагах. Типичная ошибка, совершаемая при этом: вместо определенного действия, которое необходимо выполнить, или указания свойства (состояния), которым должен обладать объект, опять ставится задача.

13. Физическое противоречие на макроуровне (М-ФП) — это противоположные требования к физическому состоянию элементов, находящихся в оперативной зоне. При формулировании ФП необходимо обязательно указывать, когда и с какой целью каждый элемент должен иметь соответствующее состояние.

Шаг 6. Физическое противоречие на микроуровне — м-ФП: между (указать контактирующие поверхности) должны находиться частицы вещества, которые обеспечивают (указать физическое состояние, при котором ОФ выполняется наилучшим образом) и обеспечивают (указать противоположное физическое состояние, при котором не возникает НЭ₁).

ВНИМАНИЕ!

ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО АРПС ОТВЕТ ФОРМИРУЕТСЯ ПОСТЕПЕННО, КАК БЫ «ПРОЯВЛЯЕТСЯ». ОПАСНО ПРЕРЫВАТЬ ХОД РЕШЕНИЯ ПРИ ПЕРВОМ НАМЕКЕ НА ОТВЕТ И «ЗАКРЕПЛЯТЬ» ЕЩЕ НЕ ВПОЛНЕ ГОТОВОЕ РЕШЕНИЕ. РЕШЕНИЕ ПО АРПС ДОЛЖНО БЫТЬ ДОВЕДЕНО ДО КОНЦА!

Примечание

14. В случае, если зона, в которой выполняется ОФ, и зона, в которой возникает конфликт, не совпадают (см. прим. 10), формулирование ФП на микроуровне сводится к определению свойств частиц вещества, обеспечивающих физическое состояние, при котором устраняется НЭ1.

Шаг 7. Идеальный конечный результат (ИКР): техническая система должна САМА обеспечивать между (указать контактирующие поверхности)..... наличие частиц, которые устраняют НЭ (указать противоположные физические состояния)

Примечания

15. В случае, если зона, в которой выполняется ОФ, и зона, в которой возникает конфликт, не совпадают (см. прим. 10), формулирование ИКР сводится к обеспечению между контактирующими поверхностями наличия частиц, которые устраняют НЭ1.

16. Частицы могут оказаться:

- а) просто частицами вещества;
- б) частицами вещества в сочетании с каким-то полем или (что реже)
- в) «частицами поля».

ВНИМАНИЕ!

ШАГИ 1–7 АРПС СУЩЕСТВЕННО ПЕРЕСТРАИВАЮТ ИСХОДНУЮ ЗАДАЧУ. ИТОГ ЭТОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ПОДВОДИТ ШАГ 7. СОСТАВЛЯЯ ФОРМУЛИРОВКУ ИКР, МЫ ОДНОВРЕМЕННО ПОЛУЧАЕМ НОВУЮ ЗАДАЧУ — ФИЗИЧЕСКУЮ. В ДАЛЬНЕЙШЕМ НАДО РЕШАТЬ ИМЕННО ЭТУ ЗАДАЧУ!

Шаг 8. Сформулировать требования к свойствам, которыми должны обладать частицы, чтобы обеспечить условия, при которых не возникнет НЭ₁; частицы должны быть

Шаг 9. Проанализировать состав системы и выяснить, имеются ли в ней элементы, обладающие необходимыми свойствами.

Примечания

17. Вещественно-полевые ресурсы (ВПр) — это вещества и поля, которые уже имеются или могут быть получены по условиям задачи. Их выгодно использовать в первую очередь. Если они окажутся недостаточными, можно привлечь другие вещества и поля. Анализ ВПр на шаге 9 является предварительным. Полный анализ ВПр и получение производных ресурсов приведены в части 4 АРИЗ-85В.

ВПр бывают трех видов:

1. Внутрисистемные ВПр — элементов системы.

2. Внешнесистемные ВПр:

а) ВПр среды, специфичной именно для данной задачи, например вода в задаче о частицах в жидкости оптической чистоты;

б) ВПр, общие для любой внешней среды, «фоновые» поля (например, гравитационное, магнитное поле Земли).

3. Надсистемные ВПр:

а) отходы посторонней системы (если такая система доступна по условиям задачи);

б) «копеечные» — очень дешевые посторонние элементы, стоимостью которых можно пренебречь.

При решении конкретной мини-задачи желательно получить результат при минимальном расходе ВПР. Поэтому целесообразно использовать в первую очередь внутрисистемные ВПР, затем внешнесистемные ВПР, а в последнюю очередь — надсистемные ВПР. При развитии же полученного ответа и решении задач на прогнозирование, т.е. максизадач, целесообразно задействовать максимум различных ВПР.

Шаг 10. Если задача решена, перейти к части 7 АРИЗ-85В. Если шаг 9 не обеспечивает решения задачи, перейти к части 4 АРИЗ-85В.

© М.И. Меерович, 1997.

Литература

Аверьянов А.Н. Системное познание мира: Методологические проблемы. — М.: Политиздат, 1985. — 263с.

Алексеев И.С. Способы исследования системных объектов в классической механике // Системные исследования. Ежегодник, 1972. — М.: Наука, 1972. — С. 73.

Альтов Г. И тут появился изобретатель... — М.: Детская литература, 1989. — С. 84–87.

Альтшуллер Г.С. Алгоритм изобретения. — М., Московский рабочий, 1969. — С. 81

Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. — М. : Сов. радио, 1979. — 175 с.

Альтшуллер Г.С. Патентный фонд фантастики // Техника и наука. — 1980. — № 6. — С. 29.

Альтшуллер Г.С. История развития АРИЗ. Конспект занятия (рук.), 1986 // <http://www.altshuller.ru/triz2.asp>;

Альтшуллер Г. С. Найти идею. — Новосибирск: Наука, 1986. — С.115–116.

Альтшуллер Г.С., Верткин И.М. Как стать гением: Жизненная стратегия творческой личности. — Мн.: Беларусь, 1994. — 479 с.

Альтшуллер Г.С., Фильковский Г.Л. Современное состояние Теории Решения Изобретательских Задач (рукопись). — Баку, 1975. См. также: <http://www.altshuller.ru/triz2.asp>.

Альтшуллер Г. С. О психологии изобретательского творчества / Г. С. Альтшуллер, Р. Б. Шапиро // Вопросы психологии. — 1956. — № 6. — С. 37–49.

Андреев В.И. Саморазвитие культуры разрешения конфликтов / Хрестоматия по социальной психологии. — М.: Международная педагогическая академия, 1994. — С. 76-87.

Анисимов О. С. Основы методологического мышления. — М.: 1990. — 403 с.

Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. — М.: Наука, 1980. — С. 196.

Байнхауэр Х., Шмакке Э. Мир в 2000 году. — М.: Прогресс. 1973. — 240 с.

Берталанфи Л. фон. Общая теория систем — обзор проблем и результатов// Системные исследования. Ежегодник. 1969. — М.: Наука, 1969. — С. 30-54

Богданов А. Тектология. Всеобщая организационная наука. Кн. 1. — М.: Экономика, 1989. — С. 112.

Выготский Л. С. Воображение и творчество в детском возрасте / Л. С. Выготский. — М. : Просвещение, 1991. — 93 с.

Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук : в 3 т. / Г. В. Ф. Гегель / пер. Б. Г. Столпнера ; отв. ред. Е. П. Ситковский. — М.: Мысль, 1974.

Герасимов В.М., Литвин С.С. Развитие альтернативных технических систем путем их объединения в надсистему. // Журнал ТРИЗ. — 1990. — № 1. — С. 8-15.

Гессе Г., Игра в бисер. М.: Художественная литература. 1969. — 240 с.

Гостев А.А. Актуальные проблемы изучения образного мышления // Вопросы психологии. — 1984. — №1. — С.114—119.

Гундаров, Игорь. Есть модель выхода из кризиса.

http://www.stoletie.ru/obschestvo/igor_gundarov_jest_model_vyhoda_iz_krizisa_2009-07-10.htm

Давыдов В. В., Зинченко В. П. Предметная деятельность и онтогенез познания.

<http://hr-portal.ru/article/predmetnaya-deyatelnost-i-ontogenez-roznaniya>

Дерзкие формулы творчества / Сост. А.Б. Селюцкий. — Петрозаводск: Карелия, 1987.

Джеймс, У. Мышление / У. Джеймс // Хрестоматия по общей психологии. Психология мышления / под ред. Ю. Б. Гиппенрейтер, В. В. Петухова. — М. : МГУ, 1981. — С. 11-20.

Джонс Дж. К. Методы проектирования / Дж. К. Джонс. — М. : Мир, 1986. — 324 с.

Золотова Г. А. Коммуникативные аспекты русского синтаксиса / Г. А. Золотова. — М. : Наука, 1982. — 368 с.

Ильясов И. Критическое мышление: организация процесса обучения // Директор школы. 1995. №2. — С. 50—55.

Камерон, Девід. Велике Суспільство проти Великого Уряду.
<http://liberal.in.ua/liberalism-in-the-world/dev%D1%96d-kameron-velike-susp%D1%96lstvo-proti-velikogo-uryadu.html>

Канке В. А. Основы философии / В. А. Канке. — М.: ЛОГОС, Высшая школа, 2000. — 287 с.

Кант И. (Цит. по: Бубер Мартин. Два образа веры. — М.: Республика, 1995. — С. 159.)

Капинос В.И., Сергеева Н.Н., Соловейчик М.С. Развитие речи: теория и практика обучения. — М.: Просвещение, 1991.

О'Коннор Джозеф. Искусство системного мышления: Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем / Джозеф О'Коннор, Иан Макдермотт; пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Бук, 2006. — 256 с.

Корнелиус Х., Фейр Ш. Знакомство с понятием конфликт. /Хрестоматия по социальной психологии. М.: Международная педагогическая академия, 1994. — С.54—76.

Кто правит миром: Названы самые влиятельные корпорации.
<http://finance.bigmir.net/news/economics/27545-Kto-pravit-mirom--Nazvany-samye-vlijatel-nye-korporacii>

Маслоу А. Мотивация и личность. /Теории личности западноевропейской и американской психологии. — Самара: Издательский дом «БАХРАХ», 1996. — 480 с.

Меерович М.И. Формула улыбки чеширского кота. (Отзыв на работу В.А.Королева «Улыбка чеширского кота». Предлагается определение понятия «Идеальное вещество»/ Одесса. 1992. — 2с. (Фонд ЧОУНБ, 1992—1993. Вып. 4—5. п.7).

Меерович М.И. «Опережающая педагогика»: возможности и результаты//Решение проблем многоуровневого образования средствами ТРИЗ-педагогики. Саратов (заоч). 2004. — С.28—32.

Меерович М.И., Шрагин И.В. Шкив регулируемого диаметра для бесступенчатого вариатора//Математическое моделирование систем и процессов. Пермский государственный технический университет. Сборник научных трудов № 2(2), 1994г. — С.65—73.

Меерович М. И. «Идеальные» системы в контексте теории развития искусственных систем / М. И. Меерович, Л. И. Шрагина // Філософські проблеми гуманізації освіти. — Одеса. — 2002. — С. 79—81.

Меерович М. И. Законы развития искусственных систем / М. И. Меерович, Л. И. Шрагина // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 5. — С. 241–243. — Прил. № 1.

Меерович М. Технология творческого мышления. Учебное пособие / Марк Меерович, Лариса Шрагина. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Альпина Паблишер, 2016. — 506 с.

Немов Р.С. Психология. Книга 1. Психология. Москва: «Просвещение», «Владос». — 1995. — 573 с.

Первый семинар для разработчиков ТРИЗ — Петрозаводск-80 // Журнал ТРИЗ. — 1997. — №1. — С. 19.

Пистрый В. И. Культурно-психологические аспекты властных отношений / В. И. Пистрый // Практична психологія в контексті культур: зб. наук. пр. / відп. ред. З. Г. Кісарчук. — К.: НІКА-ЦЕНТР, 1998. — С. 153–160.

Полунеев Ю. Конкурентоспособность страны как национальная идея // Зеркало недели. 2005. 19 марта. — С. 13.

Розмаинский И., Холодилин К. История экономического анализа на Западе. http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Econom/rozm/intro.php

Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. — СПб.: Питер, 2002. — 720 с.

Скотт Д.Г. Конфликты и пути их преодоления. Киев: Внешторгиздат, 1991. — 200с.

Стругацкие А. и Б. Трудно быть богом. Библиотека современной фантастики в 15 т. Т.7. — М.: Молодая гвардия. — С. 175.

Тертычный А. Фукуяма ошибся: «конец истории» отодвигают украинские исследователи //Зеркало недели. 5 апреля 2003. — №13 (438). — С. 20.

Уемов Авенир, Сараева Ирина, Цофнас Арнольд. Общая теория систем для гуманитариев. Wydawnictwo Uniwersitas Rediviva. — 2001. — С. 37.

Философский словарь. Под ред. И. Т. Фролова. — М.: Изд. полит. л-ры, 1991. — С.142.

Фишер Р., Юри У. Путь к согласию. — М.: Наука, 1992. — 156 с.

Форд, Генри. Моя жизнь, мои достижения. — Киев: Грайлык. — 1993.

Шрагина Л. Технологія розвитку креативності / Л. Шрагина. — К.: Шкільний світ, 2010. — 160 с.

Шрагина Л. И. Системное мышление в контексте психологии мышления и педагогики / Л. И. Шрагина // Вища освіта України. — 2012. — № 1, т. III. — С. 241–246. — Додаток 3 : Темат. вип. «Міжнар. Челпанівські психолого-педагогічні читання».

Шрагина Л.И., Меерович М.И. Взаимосвязь социально-экономических процессов в контексте функционально-системного подхода // II Международный научный конгресс «ГЛОБАЛИСТИКА — 2011: в поиске новых ресурсов глобального развития». Москва, МГУ, 18-22 мая 2011г. <https://groups.yahoo.com/neo/groups/OCR-ru-phil/conversations/messages/1564>

Шрагина Л. И. Глобализация и личность в контексте законов развития искусственных систем / Л. И. Шрагина, М. И. Меерович // Личность в межкультурном пространстве: Материалы VII Междунар. научно-практической конф. : в 2 т. (Москва, 15-16 ноября 2012 г.) / под общ. ред. А. Г. Коваленко. — М. : РУДН, 2012. — Т. 2. — С. 315–320.

Шрагіна Л. І. Теорія розвитку штучних систем як методологія аналізу соціально-економічних проблем глобалізації / Л. І. Шрагіна, М. Й. Меєрович // Соціальні технології: заради чого? яким чином? і з яким результатом? — / Колектив авторів, наук. ред. В. І. Подшивалкіна — Одеса : ОНУ, 2015.— С. 178–187.

Шрагина Л.И. Поэтический образ как искусственная система / Л.И. Шрагина, М. И. Меерович // Теоретичні дослідження у психології / Збірник статей. Впор. В.О. Медінцев. Т. III. — Х.: Видавництво «Монограф», 2018. — С. 164–173. URL: <http://georgyball.org/Volumes.html>

Torrance E.P. The nature of creativity as manifest in the testing // R. Sternberg, T.Tardif (eds.). The nature of creativity. Cambridge: Cambr. Press, 1988. P.43-75. Buffalo, NY: Bearly Limited. 1987.

**Меерович Марк Иосифович,
Шрагина Лариса Исааковна**

**СИСТЕМНОЕ МЫШЛЕНИЕ:
ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ**

Учебное пособие



Лариса Шрагина,
Мастер ТРИЗ

Диплом
Г. С. Альтшуллера
№ 65

Врач-биохимик, доктор психологических наук, доцент Одесского национального университета.



Марк Меерович,
Мастер ТРИЗ

Диплом
Г. С. Альтшуллера
№ 33

Техник-автомеханик, инженер-радиотехник, патентовед, более 20 лет — ведущий конструктор систем электроавтоматики.

Авторы начали активно разрабатывать и адаптировать ТРИЗ к различным сферам деятельности с 1984 г., после знакомства с автором ТРИЗ Г. С. Альтшуллером, специализируясь в двух направлениях: алгоритмизация поиска решения технических проблем (М. И. Меерович) и разработки алгоритмов для развития системного мышления и воображения (Л. И. Шрагина). Уже к 1993 году были разработаны основы «Опережающей педагогики» на базе функционально-системного подхода и инструментов ТРИЗ. В дальнейшем, опираясь на идеи Учителя, разработали основы ТРИС — теории развития искусственных систем.

Авторы (отдельно и в соавторстве) более 200 научных и популярных статей и полутора десятков книг, в которых на конкретных примерах показывают возможности ТРИЗ-технологий для поиска решения проблем в различных сферах деятельности: в техническом творчестве, в педагогике, психологии, социологии, экономике и др. Учебное пособие «Технология творческого мышления» (2000, 2003, 2008, 2016, 2017) включено в список основной литературы для подготовки аспирантов нескольких специальностей и в программы повышения квалификации профессорско-преподавательского состава ведущих вузов СНГ. В монографии «Психология вербального воображения: функционально-системный подход» (Л.И. Шрагина, 2016, 2018) предложен принципиально новый взгляд на воображение как высшей психической функции...

Провели более 200 обучающих семинаров по проблемам применения ТРИЗ в промышленном производстве, системе образования различного уровня, бизнесе, рекламе...

Сфера последних разработок — теория развития искусственных систем, формирование системного мышления в учебном процессе, анализ социально-экономических процессов глобализации.