

**В.Е. Афанасьев, И.С. Инжутов,**

**В.И. Жаданов, И.Н. Чарикова**

**ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
РЕШЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для магистрантов и аспирантов, обучающихся по программам высшего образования направления 08.04.01 – Строительство и 08.06.01 – Техника и технологии строительства

Оренбург – Красноярск - 2017

УДК 621.01:165(075.8)

ББК 38.5я73+87.22я73

Э71

**Рецензенты:**

**В.В. Стоянов**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлических, деревянных и пластмассовых конструкций Одесской государственной архитектурно-строительной академии;

**В.Г. Котлов**, кандидат технических наук, доцент, советник РААСН, директор Института строительства и архитектуры Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола);

**Афанасьев В.Е.,**

**Э71** Эпистемологические основы решения научно-технических задач в строительстве: учебное пособие / В.Е. Афанасьев, И.С. Инжутов, В.И. Жаданов, И.Н. Чарикова. - Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2017. – 135 с. ISBN 978-5-4417-0670-4

В учебном пособии рассмотрены эпистемологические основы и принципы решения научно-технических задач, применительно к строительной отрасли. Изложены приемы разрешения технических противоречий. Приведены эпистемологические основы и законы научно-технического творчества. Дана характеристика общей схемы развития технических систем и методов снятия психологической инерции в научном творчестве.

Предлагаемое учебное пособие предназначено для магистрантов и аспирантов, обучающихся по программам высшего образования направления 08.04.01 – Строительство и 08.06.01 – Техника и технологии строительства.

**Охраняется Законом РФ об авторском праве. Воспроизведение всей книги или любой её части запрещается без письменного разрешения авторов.**

УДК 621.01:165(075.8)

ББК 38.5я73+87.22я73

ISBN 978-5-4417-0670-4

© Афанасьев В.Е., 2017

© Инжутов И.С., 2017

© Жаданов В.И., 2017

© Чарикова И.Н., 2017

© ОГУ, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Эпистемология системного подхода.....	5
Глава 2. История кирпича .....	10
Глава 3. Потребности как движущая сила развития общества.....	17
Глава 4. Эвристические методы изобретательского творчества.....	21
Глава 5. Противоречия как источник развития техники .....	30
Глава 6. Приемы разрешения технических противоречий .....	33
Глава 7. Применение приемов разрешения технических противоречий..	41
Глава 8. Физическое противоречие .....	49
Глава 9. Техническая система .....	59
Глава 10. Научно-техническое творчество по законам.....	65
Глава 11. Закон полноты частей системы .....	71
Глава 12. Закон энергетической проводимости системы .....	74
Глава 13. Закон согласования ритмики частей системы .....	77
Глава 14. Закон динамизации технических систем .....	85
Глава 15. Закон неравномерности развития систем .....	91
Глава 16. Закон перехода с макро- на микро уровень .....	93
Глава 17. Закон перехода в надсистему .....	99
Глава 18. Закон увеличения степени идеальности .....	105
Глава 19. Общая схема развития технических систем .....	108
Глава 20. Законы научного творчества .....	120
Глава 21. Методы снятия психологической инерции .....	126
Заключение .....	133
Список литературы .....	134

## ВВЕДЕНИЕ

Студент, проходящий обучение в магистратуре (или аспирантуре) по техническим специальностям, безусловно, ставит перед собой цель получить элитное инженерное образование. Программа подготовки предполагает обязательное развитие навыков решения как научных, так и технических задач. Однако, желаемое не всегда совпадает с действительным. Проблема в устоявшихся десятилетиями методах обучения. Считается, что чем больше знаний усвоит студент, тем качественнее его образование. При этом, под знаниями часто подразумевают информацию. В этих условиях лучшими становятся те, у кого лучше память. Но, бурное развитие технического прогресса создает всё больше информации, которой и заполняют головы студентов, поскольку они должны быть в курсе последних достижений науки и техники. Проблему эту усмотрели достаточно давно и пытаются её решить разными новаторскими методами: проблемное обучение, проектная методика и целый ряд других. К сожалению, ни одна из них не учит системному мышлению, научному и техническому творчеству.

В настоящем пособии сделана попытка объединить наиболее работоспособные существующие методики решения научных и технических задач и представить их в виде инструментов. Причем, инструментов для мышления, а не вместо мышления. Практика показала, что умение их применять позволяет выявить суть решаемой задачи, определить наиболее эффективные направления поиска её решения, мыслить системно, находить пути отхода от традиционных решений, сократить время на решение задач и в целом повысить эффективность творческого труда.

В настоящей работе дан не только анализ появления и развития науки и техники, но и приёмы разрешения технических и научных противоречий с наглядными примерами из разных областей знания. Кроме того, в ней представлены выявленные законы развития техники, знание которых помогает при решении сложных задач.

Книга написана в последовательности, в которой авторы рекомендуют осваивать данный курс.

## ГЛАВА 1. ЭПИСТЕМОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Наш мир системен во всех его проявлениях и без всяких исключений. Нет ни одного материального объекта и природного явления, которые существовали бы обособленно. Точно так же, ни одно из проявлений человеческой деятельности не существует само по себе. Во всём есть объективная и доказуемая взаимосвязь.

Системой можно назвать набор взаимозависимых элементов, который сам себя поддерживает и выполняет некую функцию. Важно, что эту функцию не может выполнять отдельный элемент или частичная группа элементов. Результат достигается только в полной совокупности частей системы. Автомобиль не сможет двигаться без карбюратора или колеса. Дом не создаст нормальных условий для проживания человека даже без одного кирпича в стене.

Все системы можно разделить на естественные и искусственные. К естественным относятся физико-химические и биологические системы. Море, гора, песок, атмосфера и сама наша планета – это физико-химические системы. Их взаимодействие вызывает такие явления, как дождь, ветер, извержение вулкана, цунами, туман и другие. К биологическим можно отнести любой микроорганизм, растение и животное, их популяции, а также флору и фауну в целом.

Искусственные системы создал человек. К ним относят научно-технические и социальные. Наука и техника неразрывно развивались и развиваются вместе. Наука добывает новые знания о свойствах природных систем, которые реализуются в технике. К примеру, кем-то было замечено, что заострённым камнем удобно резать мясо и скоблить шкуру. Это наблюдение стало самым настоящим новым научным знанием. Такие камни люди начали специально искать и использовать. А когда потребность в их использовании возросла – подобные инструменты стали изготавливать специально. Так появилась одна из первых технических систем – каменное рубило.

Социальные системы своим появлением, также обязаны человеку, потому что не могут существовать отдельно от него. Это наглядно иллюстрирует антропоцентрическая схема системных оболочек человека (рис. 1). Сам термин

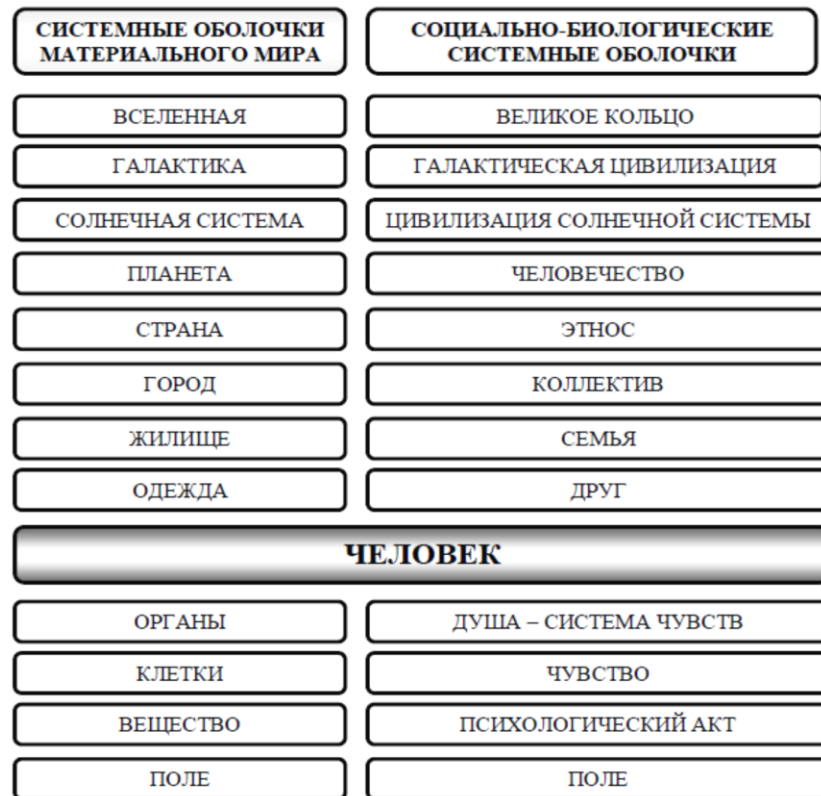


Рис. 1 – Антропоцентрическая схема системных оболочек человека

означает, что за базовую точку отсчёта принят сам человек. Из схемы следует, что человека окружают две диалектически связанные между собой составляющие – системные оболочки материального мира и социально-биологические оболочки, как бы, вложенные друг в друга. Они расположены в иерархическом порядке, определённой степенью близости к человеку. Очевидно, что одежда для человека ближе, чем дом, а семья ближе коллектива. В то же время, человек сам представляет из себя систему органов и клеток, и, одновременно, чувств и эмоций. Такая схема не только даёт наглядное представление о системности окружающего мира, но и отражает горизонтальные связи между элементами разных оболочек – жилище-семья или планета-человечество.

Для наглядности рассмотрим с системных позиций обычный жилой дом. Дом – это система. Он состоит из таких основных элементов (или подсистем), как: фундамент, стены и крыша. Все они взаимосвязаны и взаимозависимы. Всё начинается с фундамента. На фундаменте стоят стены. На стенах расположена крыша. Если каких-то элементов здесь не будет, то дом невозможен. Заметим, что все подсистемы соотносятся друг с другом в строго определенном порядке – стены на фундаменте, крыша на стенах, но никак не иначе. Это называется структурой системы, где расположение и взаимосвязь отдельных элементов строго регламентированы.

Если проанализировать основные подсистемы дома, то оказывается, что каждый из них – это тоже система. Например, стена. Стена – это система, состоящая из следующих элементов: кирпичи, окна, двери. Дверь, в свою очередь, тоже представляет собой систему. Она содержит: каркас, заполнение (дерево, металл, стекло и пр.), дверные ручки, петли и замок. Замок – система, состоящая из механизма запираения, элементов крепления и декоративных деталей. Механизм замка тоже можно разбить на составные части, и этот процесс может продолжаться до уровня элементарных частиц и энергетических полей.

Отметим, что системные свойства каждого элемента проявляются только в совокупности с остальными. Замок, как самостоятельная система, выполняет свою чётко определённую функцию – он запирает дверь. Замок в отдельности – бессмысленный предмет, он работает только в составе вышестоящей системы, находясь именно в двери. И сама дверь вне системы никому не нужна, т.к. выполняет свою функцию только в составе стены. И так далее. Отсюда следует весьма существенный вывод: полезная функция элемента определяется системой, в которую он включён.

Рассмотрим это утверждение на примере кирпича.

Полезная функция отдельного кирпича: держать свою форму, иметь определенный вес, структуру, твердость. Отвечать требованиям со стороны соседних систем (других кирпичей и раствора в будущей стене): иметь прямо-

угольные грани, обладать определённой пористостью и шероховатостью, чтобы схватываться с раствором.

Полезная функция стены: нести внешнюю нагрузку, быть вертикальной, не деформироваться при изменении температуры, влажности, нагрузки, ограждать что-то, Кирпич должен соответствовать части этих требований.

Полезная функция дома: создавать человеку комфортные условия внутренней среды, защищать от атмосферных воздействий, иметь определенный внешний вид, соответствовать архитектурному облику города. Кирпич должен выполнять часть и этих требований вышестоящих систем (рис .2).



Рис. 2 – Кирпич как функциональный элемент стены жилого дома

Полезная функция города: иметь собственный архитектурный облик, соответствовать ландшафтным, климатическим, национальным особенностям и т.д. И здесь кирпич должен участвовать в выполнении этих требований.

С развитием технологий требования и к самому кирпичу постоянно увеличиваются: он не должен впитывать грунтовую влагу, должен иметь хорошие теплоизоляционные свойства, звукопоглощающие свойства, быть радиопрозрачным и т.п.



В итоге этого небольшого анализа можно сделать вывод: главная полезная функция (здесь и далее – ГПФ) кирпича – это выполнение требований первой вышестоящей системы, а именно: стены. Все остальные требования, по мере удаления иерархического уровня, от которого они исходят, оказывают все меньшее влияние на данную систему. То есть, ГПФ элемента определяется системой, в которую он включается. Тот же кирпич может быть включен во множество других систем, где его ГПФ будет совершенно непохожей – например, поддерживать шампуры с шашлыком на определённом расстоянии от огня или служить грузилом для рыбацкой сети.

Итак, окружающий мир системен. Следовательно, при его изучении необходим системный подход. Это означает, что любая система (объект) рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов, призванных выполнять определённую функцию. При этом, должны соблюдаться следующие принципы системного анализа:

- **целостность**, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней и надсистему для нижестоящих;

- **иерархичность** строения, то есть наличие множества элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня;

- **структуризация**, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры с учётом заданных целей и функций, а также ресурсов для их выполнения.

## ГЛАВА 2. ИСТОРИЯ КИРПИЧА

Самыми первыми строительными материалами были природные – древесина и камень. Человек подбирал их по размеру, весу, конфигурации и возводил из этого естественного материала первые искусственные сооружения – дома, оборонительные башни, крепостные стены и всё остальное. С развитием цивилизации у человека возникла потребность обрабатывать природные материалы. Так появились первые строительные инструменты – топоры, которыми рубили деревья и обтёсывали камни.

Первый кирпич, как утверждают археологи, появился около десяти тысяч назад в Египте и Месопотамии, что не противоречит логике. Природные условия для земледелия были очень благоприятными – плодородная почва, мягкий климат, много солнца, полноводные реки для полива. Недоставало только строительных материалов – лесов было немного и подходящих камней на все постройки не хватало. Зато, в пойме рек в избытке была глина. Однажды было замечено, что при высыхании на солнце глина становилась твёрдой как камень и не пропускала влагу. Именно за эти свойства её стали использовать для изготовления посуды и другой утвари, что породило новый вид товарного производства – гончарное дело. Однако, изделия из высушенной глины исправно служили только в сухую погоду. При длительном соприкосновении с влагой они теряли свои свойства – глина размокала и возвращалась в исходное состояние.

Примерно в этом же историческом промежутке было экспериментально установлено, что при длительном взаимодействии с открытым огнём глина приобретала новые свойства — прочность, жёсткость и гидрофобность, т.е. полную неспособность присоединять влагу. Это происходило за счёт того, что легкоплавкие минералы, входящие в состав глины, образовывали стекловидную, а тугоплавкие – кристаллическую фазы. Этот процесс называли обжигом. Первоначально, глиняные изделия обжигали в горнах, вырытых в земле, кото-

рые топились дровами. В дальнейшем использовались и другие виды топлива – уголь, мазут, газ и электричество.

Технология обжига предусматривает первоначальную просушку изделий, а сам процесс требует высоких температур и длительного времени. Температура должна повышаться до значения около тысячи градусов по Цельсию и понижаться постепенно с интервалом в несколько часов, чтобы избежать деформации изделий. Такая технология требует не только определённой квалификации специалистов, но и весьма значительных энергетических затрат.

В древнем Египте и Месопотамии единственным доступным источником энергии для этих целей была древесина, запасы которой были весьма ограничены. Именно по этой причине применение обожжённого кирпича не смогло получить широкого распространения из-за очень высокой стоимости его получения. Даже самые знаковые сооружения возводились по смешанной технологии. Основное ядро сооружения, например величественных Вавилонских зиккуратов – культовых ступенчатых башен высотой до 90 метров, возводилось из кирпича-сырца (рис. 3). И только на изготовление ступеней лестниц, террас и внешней облицовки применялся кирпич обожжённый. Даже самые богатые державы



Рис. 3. Вавилонский зиккурат

того времени не могли позволить себе такой роскоши – возвести культово-административное сооружение государственного значения целиком из обожжённого кирпича. Поэтому, большинство из них не сохранились до настоящего времени. Причина проста – во времена завоеваний, смены правящих династий и других социальных потрясений эти здания подвергались разграблению и разрушению. При этом, самое ценное – обожжённый кирпич использовался на возведение новых зданий, а сырцовый подвергался воздействию осадков и постепенно возвращался в исходное природное состояние, т.е. в глину, которая далее активно использовалась местным населением в качестве исходного сырья для других целей.

В своём развитии сырцовый кирпич подвергся только одному серьёзному изменению – в него стали добавлять солому и мелкий кустарник, своеобразную природную арматуру для повышения его прочности.

Самым значимым достижением в появлении кирпича как технической системы стала возможность создания искусственного строительного материала с заранее заданными свойствами. Этим главным свойством, в нашем случае, стала форма в сочетании с прочностью. Абсолютно понятно, что одинаковых камней в природе не бывает, поэтому трудозатраты на возведение любого сооружения из элементов разной величины и формы очень велики. Надо тратить время и усилия либо на подгонку в единую систему самых разных камней, либо обращать те же самые ресурсы на их предварительную обработку. Это означает введение дополнительной операции на ручное обтёсывание камней до необходимой формы. Труд этот малопроизводителен и близок к каторжному.

Появление технологии изготовления строительного материала заранее заданной формы привело к настоящему строительному буму. Появилась возможность строить массово, быстро и недорого. Первоначально форма кирпичей была не связана с точной геометрией – найденные в археологических раскопках древние кирпичи напоминали скорее булку хлеба. Однако, повышенный расход вяжущих растворов на заполнение проёмов между ними быстро привели к классической прямоугольной форме. Размеры же кирпича определила их масса

– предпочтение было повсеместно отдано элементу, которым можно было оперировать одной рукой.

Геометрические размеры тоже претерпели изменения. Ассирийские кирпичи были квадратными и плоскими с длиной сторон 30-60 см, а толщиной всего 3-9 см. В Древнем Риме был принят размер 50 x 55 x 4,5 см, а в Византии – 30 x 35 x 2,5 см. Российский стандарт определяет кирпич нормального формата размером 25 x 12 x 6,5 см и массой в 3,7 килограмма.

Отметим, что кирпич был изобретён практически одновременно в разных концах планеты и разными цивилизациями. Древние здания, возрастом в пятьдесят тысяч лет выполненные из кирпича, были обнаружены не только в Египте, Месопотамии, но и в Мексике, Центральной и Южной Америке, на Южном Урале, в Африке и других местах по всей планете. Этот процесс был объективен, поскольку удовлетворял возрастающую потребность человека и общества в массовом строительстве.

С приобретением классического вида кирпич стал приобретать дополнительные функции согласно новым потребностям, возникающим в обществе. Первые изменения коснулись состава исходной массы. Претензии внешней среды устранялись добавлением новых веществ, которые ослабляли или полностью устраняли вредные воздействия. Это, в первую очередь, относится к силикатным кирпичам, которые изготавливаются методом полусухого прессования с последующим нагревом под давлением в автоклаве.

Из дополнительно приобретённых функций кирпича можно выделить следующие:

**1. Жаростойкость.** Обыкновенный глиняный кирпич не выдерживает сильного жара. При температуре «белого каления» (1200°C) он плавится, а при остывании крошится. В промышленности же температуры рабочих процессов в металлургии, стекольной, производстве цемента и керамзита и других производствах достигает 1800°C. Проблема была решена введением дополнительного компонента — зёрен шамота, то есть обожженной огнеупорной глины.

**2. Огнестойкость.** Достигается добавлением крупных зёрен кварца.

**3. Стойкость к агрессивным химическим средам.** Добавление шамота и известково-магнезиальных масс.

**4. Высокая прочность.** Клинкерный кирпич. Производится из специальной сланцевой глины. Спекается до высокой степени кристаллизации при повышенной температуре.

**5. Морозостойкость.** Достигается повышенной температурой спекания и добавлением алюмосиликатов. Очень низкая пористость, а значит, и малое водопоглощение, что не позволяет воде накапливаться в теле кирпича. Отсюда повышенное количество переносимых циклов «замораживание-оттаивание».

**6. Теплоизоляция.** Пористый кирпич с внутренними пустотами различной конфигурации (рис. 4). Благодаря наличию воздуха в пустотах обладает повышенным термическим сопротивлением. Дополнительные эффекты — уменьшенная масса, следовательно, снижение стоимости самого изделия и всего объекта строительства в целом, включая более лёгкие фундаменты. Повышенная технологичность — легче транспортировать и осуществлять кладку. Повышенная шумоизоляция.

**7. Эстетическая функция.** В исходную глиняную массу добавляется краситель, в результате чего готовый кирпич имеет заранее заданный цвет. Варьируя цветом можно получить и ещё одну дополнительную функцию — передача информации. Применяя кирпичи разного цвета можно добиться появления на стене изображения или текста.

**8. Внутренняя и внешняя отделка.** Боковой торец кирпича покрывают цветной глазурью.

**9. Заполнение светового проёма** — выполнение кирпича из стекла (стеклоблок).

**10. Художественная выразительность кладки** — фасонный кирпич. Изменение форм отдельных кирпичей (рис. 5).

**11. Улучшение сцепления.** Кирпичи сложной формы с увеличенной торцевой поверхностью в виде разнообразных согласованных выступов и уступов.

**12. Кондиционирование здания.** Кирпич имеет комбинированную форму, состоящую из прямоугольника и треугольника с перфорированной структурой в виде сот. Потoki воздуха свободно проходят внутри кирпичей рассеивают тепловую энергию, уменьшая её проникновение внутрь здания (рис. 6). Стена не требует отделки. Появляется дополнительно реализованная функция — звукоизоляция от уличных шумов.



Рис. 4. Пористый кирпич



Рис. 5. Фасонный кирпич



Рис.6.Кирпич-кондиционер

**13. Обучение через игру.** Игрушка «Лего», основой которой являются пластмассовые кирпичи разной формы и размера.

**14. Предсказание погоды.** В Москве по адресу: Хохловский переулок, дом 7-9 на стене перпендикулярно ей закреплён шток. На нём висит обыкновенный кирпич. Рядом с ним расположен плакат следующего содержания:

*«Это кирпич-предсказатель погоды.  
 Кирпич мокрый.....идёт дождь.  
 Кирпич сухой.....дождя нет.  
 Кирпич отбрасывает тень.....ясно.  
 Кирпича не видно.....туман.  
 Кирпич качается.....ветрено.  
 На кирпиче что-то белое.....снег.  
 Кирпич ходит вверх-вниз.....землетрясение.  
 Кирпича нет.....обновление данных».*

Это конечно, шутка. Но, она очень наглядно иллюстрирует следующую простую мысль. Кирпич, как любая техническая система, способен выполнить бесконечное число самых различных функций, так же как и бесконечное количество предметов способно выполнить основную функцию кирпича. Кирпичом, например, можно забить гвоздь, придавить крышку в кадке с квашеной капустой, отогнать злую собаку, наточить нож, сделать поставку для жарки шашлыков и ещё многое другое. Точно так же, дом можно построить из веток, снега, бутылок, книг, обувных коробок, цветочных горшков, компьютерных мониторов, трамвайных колёс и многого другого.

Очевидно, что список можно дополнительных функций кирпича формируется из вновь возникающих человеческих потребностей. Если, к примеру, в него добавить люминофор — дома могут светиться, заменяя фонари уличного освещения. Примесь ферромагнитного порошка позволит защитить здание от вредных электромагнитных излучений. С помощью выполненных в кирпиче отверстий можно заставить его «петь» при ветре. Чем сильнее ветер — тем выше тональность. Из таких «инструментов» можно составить целый оркестр. Была бы потребность.



### ГЛАВА 3. ПОТРЕБНОСТИ КАК ДВИЖУЩАЯ СИЛА РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Движущей силой развития нашей цивилизации являются потребности человека. Это не требует особых доказательств. Когда появилась потребность нахождения в безопасности и комфортных условиях – возникли первые жилища. Необходимость хранения и передачи информации определила появление письменности и книгопечатания. Потребность в быстром перемещении людей и грузов явила миру автомобиль, паровоз и аэроплан. Список можно продолжать до бесконечности. Но, совершенно очевидно, что именно потребности человека являются источником развития науки и техники.

Потребность определяют как осознанное отсутствие чего-либо, вызывающее побуждение к действию. Поясним на примере. Древние греки определяли время по положению солнца на небосводе, и их это вполне устраивало. Потом появилась потребность более точно определять текущее время. Они осознали отсутствие у них подобного устройства и придумали солнечные часы. Далее, людям потребовалось определять не только текущее время, но и его течение. Для этого были изобретены, сначала песочные, а затем и водяные часы. Ещё более точными стали механические часы, сначала башенные. Для того, чтобы постоянно быть в курсе текущего времени пришлось их уменьшить до карманного размера, чтобы иметь возможность носить с собой.

Потребности подразделяются на: первичные, характеризующие человека как биологический организм, и культурные или высшие, определяющие его как социальное существо и личность. Американским учёным А. Маслоу на основе психологических исследований была предложена пирамида потребностей человека (рис.7), в которой их порядок иерархичен от «низших» (материальных) до «высших» (духовных).

В основании этой пирамиды расположены физиологические потребности человека, а именно: в дыхании, пище, одежде, жилище, физических движениях, в отдыхе и в размножении. Физиологические потребности первичны и управля-

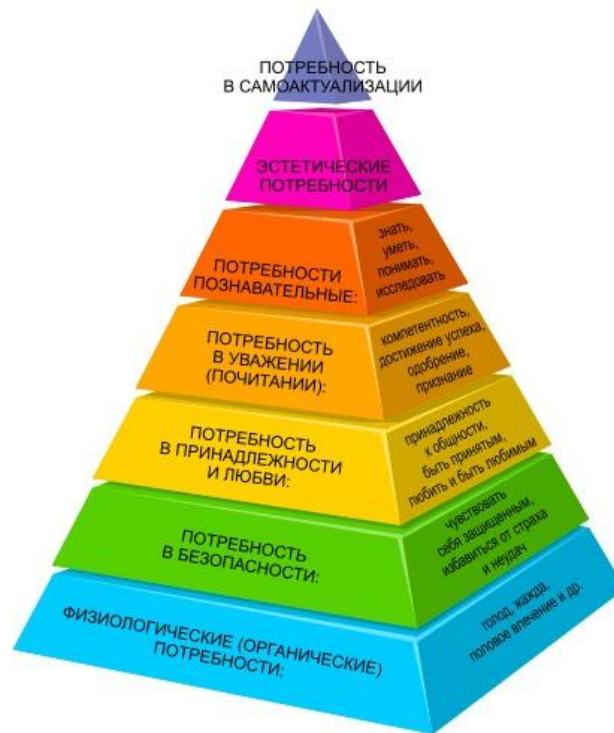


Рис. 7. Пирамида потребностей человека

ют поведением человека до тех пор, пока они не удовлетворены хотя бы на минимальном для существования (выживания) уровне. После этого в действие вступают потребности следующего слоя - потребности безопасности. К ним относится сохранение здоровья, отсутствие насилия над личностью, и, самое главное, над его жизнью. Это физическая безопасность. К рассматриваемой категории можно отнести и потребности в безопасности экономической. Речь идёт об уверенности человека в завтрашнем дне, стабильности условий жизнедеятельности, гарантированной занятости, желании иметь постоянные средства существования, страховании от несчастных случаев.

Далее выступают потребности социальные. Они базируются на том, что человек - существо коллективное. Поэтому, ему необходимы: дружба и привязанности, принадлежность к коллективу или группе, общения, участие в формальной или неформальной организации, забота о других и внимании к себе, помощи близких.

Очень важно, что потребности каждого нового уровня становятся для человека актуальными лишь после того, как удовлетворены предыдущие запросы.

Совершенно очевидно, что голодному, бездомному и замерзающему человеку не придёт в голову писать симфонию. Поэтому, только удовлетворив потребность более низкого уровня, человек стремится реализовать следующую, более высокую. Отсюда совершенно логичным выглядит переход от удовлетворённой потребности в принадлежности к чему-то, к стремлению повысить свой престиж. В него входит желание иметь уважение со стороны «значимых других», служебный рост, высокий социальный статус, признание и высокую оценку его личным и рабочим качествам.

Самыми высшими считаются, так называемые, духовные потребности. К ним относятся эстетические, познавательные и творческие. Удовлетворение эстетических потребностей является процессом потребления. Мы слушаем музыку, смотрим фильм, восхищаемся видом заката и получаем удовольствие от того, что сотворила природа или другой человек.

Познание даёт возможность ответить на вопросы об устройстве мира во всех его проявлениях. От вселенной до атома. Человеку это необходимо для более глубокого понимания течения его собственной жизни, отдельных её проявлений, окружающего мира и конкретных предметов. Именно из этой потребности проистекает желание творить, чтобы сделать этот мир лучше — более безопасным, красивым, комфортным, удобным и справедливым. Разумеется, с точки зрения отдельного индивидуума.

Самая высшая потребность, то есть потребность в самовыражении - процесс исключительно созидательный. Это и есть творчество, существующее всего в трёх видах: художественное, научное и техническое.

На основе всех вышеперечисленных утверждений не может не возникнуть вполне логичное предположение, что творчеством можно заниматься только после удовлетворения всех предыдущих потребностей. С этим можно согласиться, но лишь частично. Безусловно, что голодный и замерзающий человек вряд ли способен на акт творения, хотя в Великую отечественную войну это происходило. Но, такие запредельные усилия были следствием удовлетворением другой потребности – потребности в безопасности. На кону стояли

жизни – или все вместе победим врага, или погибнем. А эта мотивация активировала мышление сильнее иных психотропных препаратов.

С другой стороны, полное удовлетворение потребностей более низкого уровня, как правило не вызывает особого желания творить что-то новое без очень серьёзных аргументов в пользу этого процесса. Примером этого становится ситуация, когда, достигшие высоких чинов и званий, некоторые талантливые учёные превращаются в администраторов. Хороший достаток в семье и высокое положение в обществе отбивает охоту делать над собой серьёзные усилия. Поэтому, интересные и перспективные разработки делают молодые и слегка голодные аспиранты. Или те, кто сумел ограничить свои потребности до разумных пределов. Разумеется, есть и талантливые учёные, которым звание и статус академика не погасил горящие глаза и желания разобраться с очередными научно-техническими задачами.

Есть авторитетное мнение, что совокупность потребностей человека можно суммировать в одну единственную - потребность управлять. Управлять своим физическим состоянием и окружающей средой. Когда человек копает волчью яму с острыми кольями на дне, он не просто охотится на животное, а управляет его поведением. Дом строится не только для безопасности и комфорта - человек становится независимым от погоды, а значит, управляет ею. Управлять всем, не только объектами, но и процессами - природой, собой, другими людьми, физическими законами и законами бытия. В общем, вселенной во всём её многообразии.

Следует отметить, что в современном обществе важно отличать необходимые потребности от надуманных, искусственных и даже глупых. По мнению многих ведущих социологов, около 80% всех произведённых с начала прошлого века в США и Европе товаров не отвечали истинным потребностям или вообще не были нужны обществу.

Главные выводы, которые можно сделать из вышесказанного – потребности человека являются движущей силой прогресса, а творчество как научное, так и техническое – это одна из высших потребностей человека.

## ГЛАВА 4. ЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОГО ТВОРЧЕСТВА

Техника возникла в то время, когда человеку не стало хватать собственных возможностей, чтобы удовлетворить возрастающие потребности. Для добычи пищи он удлинил руку при помощи палки и увеличил мощность удара при помощи камня. Впрочем, простое использование природных предметов не является исключительно человеческим изобретением. Многие животные с успехом делают это и сейчас. Обезьяны шимпанзе используют палки для выкапывания корней, используя свои зубы для их затачивания, а их сородичи капуцины камнями колют орехи. осьминог, уловив момент, быстро вставляет между створками раковины камень, а потом спокойно съедает моллюска. Слон срывает хоботом с дерева ветку, а затем обмахивается ею, отгоняя летающих насекомых-кровососов. Маленькая американская оса аммофила, зажав в лапках гальку, заботливо и тщательно утрамбовывает ею землю, прикрывающую вход в гнездо.

Поэтому появлением техники можно считать обработку природных материалов, в которой необходимая функция у них выделяется. К примеру, режущая кромка каменного рубила, получаемая путем раскола камня. К этому шагу привело познание свойств природных материалов, выбор из их числа наиболее подходящих для конкретной работы. Так появились кожаные ремни, корзины из плетёных веток, костяные иглы и меховые повязки. Со временем свойства отдельных материалов перестали удовлетворять потребностям, появились первые сочленённые инструменты - топор и копьё с наконечником.

Когда собственной мускульной энергии стало не хватать, человек стал использовать в качестве её источника силу домашних животных и природы - водяные и ветряные мельницы. Затем появились технические системы с двигателем. Далее, естественную энергию ветра и воды заменила искусственная - паровой двигатель, двигатель внутреннего сгорания, электрический и атомный двигатели.

Техника развивалась и усложнялась не сама по себе. Причиной этого процесса были противоречия между потребностями человека и возможностями современной ему техники. Если такого противоречия нет – нет и развития. Впрочем, в истории цивилизации такой ситуации ни разу не возникало и, скорее всего, не возникнет и в будущем, поскольку потребности человека непрерывно возрастают. Отметим, изменение техники неизбежно приводило к изменению самого человека, в частности – к появлению новых потребностей, что ещё больше стимулировало развитие техники.

Открытие учёными в XVIII–XIX веках электричества, магнетизма и радиоактивности привело к бурному развитию новых технологий, появлению принципиально новых средств транспорта, связи, оружия, обрабатывающей техники и бытовых приборов. Потребность в большом числе новых технических разработок потребовала резкого увеличения количества и качества изобретений.

В этот период существовала всего одна методика решения как научных, так и технических задач, именуемая методом перебора вариантов, или в более употребительном варианте – метод проб и ошибок. Это врождённый для человека эмпирический метод.

Разумеется, что человек никогда не решал и не решает творческие задачи формальным перебором вариантов, проделывая множество «пустых» проб. Природа снабдила его уникальными инструментами: памятью, способностью к речи, интеллектом, позволяющими ему накапливать и обмениваться знаниями. Всё это, в сочетании с логикой, позволяло и позволяет человеку находить решения самых разнообразных задач.

Однако, задачи бывают разными по сложности, которая напрямую зависит от количества проб, которые необходимо совершить экспериментально или аналитически. Чем меньше число вариантов, требующих перебора, тем быстрее решается задача. А если таких проб несколько сотен, тысяч или ещё больше?

Эту проблему решил в 1872 году Томас Эдисон, который придумал, не что иное, научно-исследовательский институт в современном понимании. В его

лаборатории работало до тысячи человек, поэтому можно было разделить одну техническую проблему на несколько задач, и по каждой задаче одновременно вести проверку вариантов. Так, к примеру, чтобы найти наиболее эффективное сочетание материалов щелочного аккумулятора было проведено не менее пятидесяти тысяч опытов. Итоги деятельности его «НИИ» говорят сами за себя. За шесть с половиной лет было получено около 300 оригинальных технических решений, что составляет, в среднем, один патент за 8 дней. Ясно, что тысяча землекопов могут рыть качественно иные ямы, чем один землекоп. Но, всё-таки, сам способ рытья оставался прежним.

Огромный спрос на передовые технические идеи привёл к стремительному росту числа таких лабораторий. Характерен пример США: 1920 г. - 300, 1930 - 1600, 1940 - 2200, 1967 - 15000 научно-исследовательских институтов. Казалось бы, вот оно решение проблемы изобретательства! Но восторги скоро поутихли - для решения каждой из многочисленных проблем отдельный НИИ не создашь. Слишком велики оказались затраты финансовых и человеческих ресурсов. Возникло противоречие между высокими темпами технического прогресса и низкой эффективностью методов научного исследования и изобретательского творчества. Это обстоятельство заставило инженеров и учёных всех областей знаний приступить к поиску новых прикладных методик для решения этой проблемы.

Направление первого этапа таких исследований в конце XIX века лежало в области психологии и было направлено на изучение личности изобретателя. Причем сама личность часто рассматривалась как нечто, отмеченное божественной печатью исключительности (рис.8). И лишь в XX веке на смену этим взглядам постепенно пришло убеждение, что творческие задатки есть в той или иной мере почти у всех людей.

Экспериментируя с задачами и головоломками, психологи выяснили, что испытуемые решают их перебором вариантов, но многое, при этом, зависит от предшествующего опыта. Это, однако, не прояснило главной проблемы: каким образом некоторым изобретателям удается малым числом проб решать задачи,

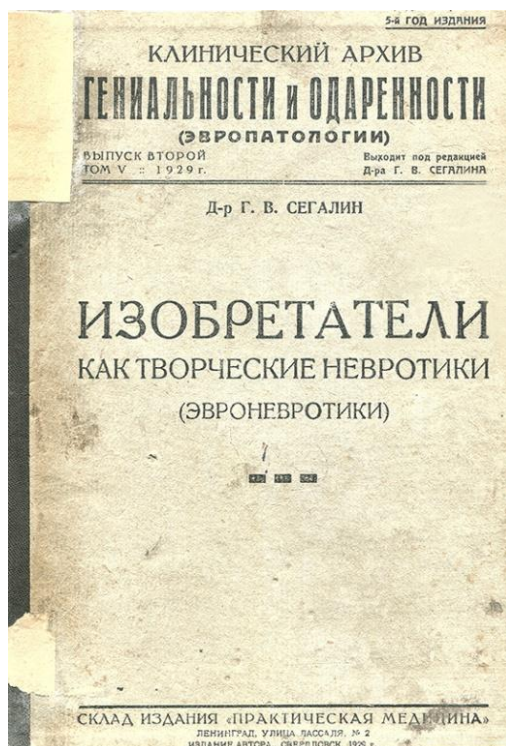


Рис. 8. Печатное издание, характеризующее особенность изобретателей

заведомо требующие большого числа проб? Ответить на этот вопрос психология творчества не может и по настоящий день.

Следующим шагом на этом пути стало появление эвристических методов, направленных на активизацию самого творческого процесса. Эвристикой ещё древние греки называли отрасль знания, изучающую творческое, неосознанное мышление человека. Отсюда, к эвристическим методам относят логические приёмы и методические правила научного исследования и изобретательского творчества. Такие, которые способны приводить к цели в условиях неполноты исходной информации и отсутствия четкой программы управления процессом решения задачи. Первым из таких методов в тридцатых годах прошлого века появился «мозговой штурм». Его изобретатель Алекс Осборн неоднократно обращал внимание, на что в ходе различных совещаний и обсуждений интересные и продуктивные идеи довольно часто подвергаются необоснованной критике. При этом, автор идеи больше не пытается её продвигать, полагаясь на авторитетное мнение и критикующего.

С этим явлением научились бороться давно. Во всех военно-морских фло-



тах мира с незапамятных времён действовало неписаное правило: на военном совете первыми высказывались самые младшие по возрасту или званию. Подобный порядок исключал элемент психологического давления со стороны старших офицеров, поскольку высказанное мнение начальника, как правило, становится мнением его подчинённых.

В методике мозгового штурма есть три простых правила:

1. Тщательная формулировка проблемы, исключая любое её неверное толкование.

2. В процессе генерации идей под полным запретом находится не только критика, но и любая, даже положительная их оценка. Приветствуется все, даже самые дикие идеи и их развитие.

3. Высказанные идеи фиксируются и тщательно анализируются группой экспертов, чтобы даже в самой сумасбродной идее вычленили рациональное зерно.

Это методика получила широкую известность и стала активно применяться. Но вскоре выяснилось, что она неплохо помогает только при решении относительно несложных задач. Главным образом, из области рекламы, маркетинга и управления персоналом. Одним из классических решений методом мозгового штурма стала задача о ноже для очистки картофеля.

*Задача 1. Одна фирма выпустила на рынок новинку - ножи для чистки картофеля. Очень красивые, прочные и острые со специальной формой ручки для удобства использования именно для этой операции. Потребителям товар понравился и ножи очень хорошо продавались. Однако, вскоре рынок насытился и продажи резко упали. Как быть?*

В процессе генерации было высказано много идей, в том числе и диких. Например, пусть нож превратится в картошку. Впрочем, при «разборе полётов» именно эта идея послужила отправной точкой для решения задачи. Красивые хромированные ножи стали красить в цвет картофельной шелухи. Из-за этого хозяйки нередко выбрасывали их вместе с очистками, и приходилось покупать новый. Продажи стали расти.

Мозговой штурм попытался усовершенствовать Уильям Гордон, предложивший технологию под названием «синектика», что обозначает совмещение в процессе поиска решения проблемы разнородных, порой даже несовместимых элементов. Его отличает то, что идеи генерируют не случайно подобранный коллектив, а профессионально подготовленные специалисты. При этом, допускается критика и для решения поставленной задачи активно используются всякого рода сравнения и аналогии. А именно:

- прямые аналогии из других областей техники или знаний, где решают подобные задачи;

- субъективные (личные) аналогии. В качестве примера можно использовать изобретателя, который представляет себе, как его собственное тело функционировало бы, если бы он мог, используя его, достичь поставленного результата. Что бы он чувствовал, если бы его руки, например, были крыльями или лопастями вертолѐта? Или как повело бы себя его тело, если бы он был подъёмным краном?

- символические аналогии. Здесь могут использоваться сравнения, аллегории, метафоры, где свойства чего-то одного отождествляются со свойствами другого. К примеру, пространство вариантов, раскалённая проблема, стальное решение и т.п.

- фантастические аналогии. На этом этапе нужно представлять вещи такими, какими они быть не могут по определению. Например, любой момент вашей жизни сопровождается только вам слышной музыкой, которую вы сами можете выбирать. Или всегда, когда вы едете на машине, на вашем пути автоматически исчезают все препятствия и т.п.

Впрочем, модернизация методики повысила её эффективность, но сложные технические задачи и для синектики оказались не по силам.

Швейцарец Цвикке подошёл к решению проблемы изобретательского творчества с национальной основательностью. Он предложил перейти от хаотичного перебора вариантов к систематическому. Основной идеей его морфологического анализа является упорядочение процесса выдвижения и рассмот-

рения различных вариантов решения задачи. Расчет строится на том, что в поле зрения могут попасть варианты, которые ранее не рассматривались. Для этого строится таблица, в которой перечисляются все основные элементы, составляющие объект и указывается, возможно, большее число известных вариантов реализации этих элементов. Комбинируя варианты реализации элементов объекта, можно получить самые неожиданные новые решения. Последовательность действий при этом следующая:

1. Точно сформулировать проблему.
2. Определить важнейшие элементы объекта.
3. Определить варианты исполнения элементов.
4. Занести их в таблицу.
5. Оценить все имеющиеся в таблице варианты.
6. Выбрать оптимальный вариант.

Например, необходимо разработать конструкцию собачьей будки. Выбираем составные элементы конструкции и материалы, из которых их можно изготовить. Заносим их в таблицу (табл. 3) и оцениваем различные сочетания. Очевидно, что в этом случае сочетания различных известных материалов не позволили получить неожиданное и креативное решение.

Таблица 3. Морфологический ящик объекта

	объект	материал					
		1	2	3	4	5	...
1А	фундамент	<i>древесина</i>	<i>бетон</i>	<i>глина</i>	<i>металл</i>	<i>камень</i>	...
1Б	стена	<i>древесина</i>	<i>бетон</i>	<i>кирпич</i>	<i>металл</i>	<i>пластик</i>	...
1В	крыша	<i>стекло</i>	<i>шифер</i>	<i>черепица</i>	<i>солома</i>	<i>металл</i>	...
1Г	утеплитель	<i>пенопласт</i>	<i>минвата</i>	<i>опилки</i>	<i>шлак</i>	<i>керамзит</i>	...
1Д	подстилка	<i>войлок</i>	<i>пенопласт</i>	<i>опилки</i>	<i>брезент</i>	<i>вата</i>	...

Для сложных объектов, имеющих большое число элементов, таблица становится слишком громоздкой. Появляется необходимость рассмотрения огромного числа вариантов, большая часть которых оказывается лишённой практического смысла, что делает использование метода слишком трудоёмким. Таким образом, главными недостатками метода является упрощённость подхода к анализу объекта и возможность получения слишком большого для рассмотрения числа вариантов. Поэтому, его применение наиболее рационально для несложных объектов и там, где возможно найти новую идею за счет комбинации известных решений. Сложные технические задачи, требующие нестандартного подхода, морфологическим анализом не решить.

Есть и другие методы решения творческих задач, которые можно отнести, скорее, к экзотическим, нежели к инструментальным. К примеру, метод фокальных объектов, направленный на активизацию ассоциативного мышления человека. Суть его состоит в перенесении признаков случайно выбранных объектов на совершенствуемый объект, который лежит как бы в фокусе переноса и поэтому называется фокальным. Методика работы очень проста:

1. Выбирается 4-5 случайных объектов (из словаря, книги...).
2. Составляются списки характерных свойств, функций знаков случайных объектов (по 5 - 6 интересных слов - прилагательных, деепричастий, глаголов).
3. Выбирается фокальный объект - на нём фокусируется мысль.
4. Признаки случайных объектов поочередно присоединяются к фокальному объекту и записываются.
5. Все полученные сочетания развиваются путём свободных ассоциаций.
6. Оцениваются полученные варианты и отбираются наиболее интересные и эффективные решения.

В качестве удачного примера работы по этому методу авторами приводится задача по усовершенствованию хирургического скальпеля. В ней в качестве случайного объекта был выбран забор, которому приписали свойства «дырявый» и «грязный». В результате развития ассоциаций по словосочетаниям «грязный скальпель», «дырявый скальпель» было разработано несколько новых видов хи-

рургического инструмента. «Грязный скальпель» - на него наносят нужное для операции покрытие из лекарств (т.н. «грязь») - для остановки крови, анестезии, обеззараживания и т.д. Один из вариантов «грязи» - заиндевевший скальпель, т.е. сильно замороженный. Им легко и безболезненно можно выполнять простые операции. Метод, как видим, весьма простой и любопытный. Но с его помощью вряд ли можно решить серьёзные научные или технические задачи.

Все описанные технологии творчества выражены графически на рис. 9, где под литерой «а» представлен метод проб и ошибок с его бессистемным перебором вариантов. Интенсификация этого процесса в виде мозгового штурма обозначена как «б», а систематический перебор вариантов в морфологическом анализе, соответственно – «в».

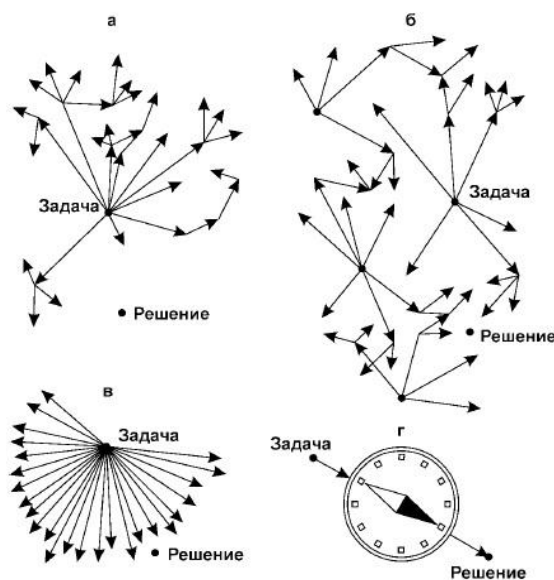


Рис. 9. Технологии технического творчества

Все эти методики приведены в настоящей работе не только с целью ознакомления. Вполне возможно, что читателю придётся решать не очень сложную задачу, которая окажется «по зубам» этим достаточно простым технологиям. Однако, главной задачей, на наш взгляд, является обучение методике, основанной на изучении закономерностей развития науки и техники. Эти знания могут послужить своеобразным компасом, который позволит не только решать сложные научно-технические задачи, но и развить творческое диалектическое мышление.

## ГЛАВА 5. ПРОТИВОРЕЧИЯ КАК ИСТОЧНИК РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ

Решение любой технической задачи начинается с анализа проблемы – её нужно предельно чётко понять и сформулировать. В проблеме, как правило, описывается необходимость создания или изменения некоторого технического объекта для удовлетворения определённой потребности. Чаще всего – это касается функции, которую рассматриваемый объект должен выполнять. Если неизвестно, как эту функцию реализовать, то возникает проблемная ситуация. Она указывает на несоответствия между требованиями, предъявляемыми потребителями, и имеющимися техническими возможностями. Например.

*Задача 2. Существует необходимость возводить небольшие здания на слабых и просадочных грунтах. Обычные фундаменты для этого не подходят. Как быть?*

Описание проблемной ситуации — это формулирование потребностей или функций, которые нужно выполнить. Трудность заключается в том, что на этом этапе не видно путей, как это реализовать. То есть, первоначальная формулировка проблемы часто носит социально-технический характер и, в общем случае, выражается в терминах: цель, потребность, функция, нежелательные эффекты. Такие проблемные ситуации принято называть **административным противоречием** [1]. В них претензии обычно формулируются в виде довольно расплывчатых пожеланий типа: «хочется, чтобы было лучше...», «нужно что-то сделать, чтобы ...» и т. д.

Противоречие в общем виде – это проявление несоответствия между требованиями, предъявляемыми человеком к системе, и ограничениями, налагаемыми на нее законами природы, уровнем развития науки и техники и конкретными условиями применения.

Административное противоречие, главным образом, выражает появление изобретательской ситуации, включающей в себя целый клубок задач, из которых нужно выбрать именно ту, которую следует решать в первую очередь. Оно

обозначает проблему, и в ряде случаев, даёт некоторое обоснование её возникновения, но они ни в какой мере не способствуют продвижению к ответу.

Для того, чтобы решить поставленную задачу необходимо проанализировать исходную ситуацию, чтобы найти её «болеву точку». В случае с нашими фундаментами надо понять – почему существующие конструкции не могут эффективно выполнить свою функцию, и в чём конфликт ситуации.

Первоначальный анализ позволяет вычленить наиболее подходящие конструкции фундамента для просадочных грунтов. Например, поставленную задачу могли бы решить сваи, но для небольшого здания они будут за пределами дорогими. Стандартные ленточные фундаменты для этих целей недостаточно прочны – при деформации основания, предположим, угла здания они могут повиснуть в воздухе и элементарно сломаться из-за недостатка жёсткости. Они изначально не рассчитаны на такие нагрузки, поэтому необходимо увеличивать геометрические размеры ленты. В предельном значении получается фундамент в виде плиты.

Казалось бы – вот оно, решение. Однако, чтобы выдержать возникающие при осадке грунта напряжения, фундаментная плита должна иметь большую толщину, поскольку бетон плохо работает на растяжение и изгиб. А это дополнительная масса и давление на слабый грунт, от которого он ещё больше деформируется. Возникает замкнутый круг, когда увеличение прочности приводит к увеличению массы системы и требует дополнительного увеличения всё той же прочности.

Такой конфликт называется **техническим противоречием**, когда стремление улучшить одни свойства объекта приводит к недопустимому ухудшению других его свойств.

Любая техника, объект или продукция, предназначенная для удовлетворения человеческих потребностей, характеризуется многими параметрами: масса, энергоёмкость, мощность, производительность, время срабатывания, точность отработки параметров, плотность компоновки. Сюда же можно добавить

экономичность, надежность, эргономичность, эстетичность, транспортабельность, безопасностью, экологичность, технологичность и т. д.

Все эти параметры условно можно разделить на две группы:

- показатели, характеризующие степень выполнения техническим объектом своей полезной функции;

- показатели, характеризующие факторы расплаты за её выполнение.

К примеру, для увеличения скорости поршневого самолёта на него ставили более мощные двигатели. Однако, этот выигрыш почти полностью «съедался» увеличением массы и лобового сопротивления. Поэтому, прирост в скорости был весьма незначителен. Преодолеть противоречие между мощностью и массой удалось только с заменой поршневого двигателя на турбореактивный, обладавший более высокой удельной энергоотдачей на единицу собственного веса при сравнимых габаритах.

В технических, проектно-конструкторских и технологических задачах обнаруживается противоречивость многих свойств: точность и производительность в технологии обработки материалов, надежность и стоимость, устойчивость и управляемость технических объектов и многое другое. Нежелательные эффекты, как правило, связаны с тем, что улучшение некоторых потребительных свойств приводит ещё и к усложнению устройства и, следовательно, к увеличению факторов расплаты.

Формулирование технических противоречий — это конкретная реализация более общего приема поиска решения — переформулирование условий задачи. Это модель задачи, в которой раскрываются положительные и нежелательные эффекты или явления в рассматриваемой предметной области (рис.10).



Рис.10. Техническое противоречие



При этом, возникает проблема, как, сохранив или даже улучшив положительные стороны в создаваемом техническом объекте, не допустить появления нежелательных эффектов. Она была решена путём кропотливого изучения нескольких десятков тысяч изобретений [2]. Анализируя их, удалось вычленить самое главное – приёмы, которым сознательно или бессознательно пользовался изобретатель для разрешения того или иного технического противоречия.

Изобретательских задач – великое множество. Но, содержащиеся в них технические противоречия довольно часто повторяются. А коль скоро существуют типичные противоречия, то должны существовать и типичные приёмы их устранения.

## **ГЛАВА 6. ПРИЁМЫ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ**

Само понятие **противоречие** пришло в технику из философии. Этим термином обозначалось отношение двух суждений, каждое из которых является отрицанием другого. В диалектике Гегеля противоречие рассматривается как необходимая логическая форма, в которой осуществляется развитие как мышления, так и познания вообще. Из мировой истории нам известны два самых эффективных способа решить противоречие.

Первым приёмом можно считать разделение противоречащих свойств во времени. Смысл его заключается в том, что при функционировании объекта в одни промежутки времени проявляется одно свойство, а в другие промежутки времени — противоположное.

Поясним на примере.

*Задача 3. Строителя Александрийского маяка по имени Сотратос вызвал император и повелел: «Ты высечешь на маяке моё имя!» Зодчий знал, что если он не выполнит приказ, то его казнят, а если выполнит, то потомки никогда не узнают имени настоящего автора маяка. Строитель остался жив, но весь мир узнал его имя. Как это могло произойти?*

Мастер разделил взаимоисключающие требования во времени. Он вытесал на каменной стене своё имя, но закрыл его слоем известкового раствора, на котором написал имя императора. Через несколько лет известняк выветрился и на вершине маяка проступило имя настоящего строителя: *«Для богов во имя спасения моряков построил Состратос из Книда, сын Дексифона»*. Там оно и красовалось вплоть до разрушения его от землетрясения.

Вторым общим приёмом является разделение противоречия в пространстве – надо разнести в нём противоречащие друг другу свойства. Возьмём, к примеру, движение транспорта через перекрёсток. Когда разделение противоречия во времени - введение светофора, уже не помогает, транспортные потоки разделяют в пространстве (рис. 11). Для этого устраивается автомобильная развязка на разных уровнях.



Рисунок 11. Многоуровневая развязка

Кстати, с этой же целью, пассажиропоток был отделён от остального наземного транспорта и помещён под землю в метрополитен.

Тщательный анализ сильных изобретений в патентном фонде показал, что разрешаемые противоречия часто имеют одинаковые параметры, которые вступают в конфликт [2]. Улучшаем прочность – проигрываем в массе, повышаем скорость – увеличиваем расход энергии, рост надёжности приводит к усложнению технического объекта и так далее. Выяснилось, также, что для устранения

этих технических противоречий авторы изобретений, как правило, используют одинаковые приёмы. На сегодняшний день их выявлено ровно сорок.

**1. Принцип дробления:**

- а) разделить объект на независимые части;
- б) выполнить объект разборным;
- в) увеличить степень дробления объекта.

**2. Принцип вынесения:** отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть (нужное свойство).

**3. Принцип местного качества:**

- а) перейти от однородной структуры объекта (или внешней среды, внешнего воздействия) к неоднородной;
- б) разные части объекта должны иметь (выполнять) различные функции;
- в) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

**4. Принцип асимметрии:**

- а) перейти от симметричной формы объекта к асимметричной;
- б) если объект асимметричен, увеличить степень асимметрии.

**5. Принцип объединения:**

- а) соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- б) объединить во времени однородные или смежные операции.

**6. Принцип универсальности:** объект выполняет несколько разных функций, благодаря чему отпадает необходимость в других объектах.

**7. Принцип «матрёшки»:**

- а) один объект размещен внутри другого, который, в свою очередь, находится внутри третьего и т. д.;
- б) один объект проходит сквозь полости в другом объекте.

#### **8. Принцип антивеса:**

а) компенсировать вес объекта соединением с другим, обладающим подъемной силой;

б) компенсировать вес объекта взаимодействием со средой (за счет аэро- и гидродинамических сил).

#### **9. Принцип предварительного антидействия:**

а) заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;

б) если по условиям задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие.

#### **10. Принцип предварительного действия:**

а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);

б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затраты времени на доставку и с наиболее удобного места.

**11. Принцип «заранее подложенной подушки»:** компенсировать относительно невысокую надёжность объекта заранее подготовленными аварийными средствами.

**12. Принцип эквипотенциальности:** изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать объект.

#### **13. Принцип «наоборот»:**

а) вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие;

б) сделать движущуюся часть объекта или внешней среды неподвижной, а неподвижную – движущейся;

в) перевернуть объект «вверх ногами», вывернуть его.

#### **14. Принцип сфероидальности:**

а) перейти от прямолинейных частей к криволинейным, от плоских поверхностей к сферическим, от частей, выполненных в виде куба и параллелепипеда, к шаровым конструкциям;

б) использовать ролики, шарики, спирали;

в) перейти от прямолинейного движения к вращательному, использовать центробежную силу.

#### **15. Принцип динамичности:**

а) характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы;

б) разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга;

в) если объект в целом неподвижен, сделать его подвижным, перемещающимся.

**16. Принцип частичного или избыточного действия:** если трудно получить 100% требуемого эффекта, надо получить «чуть меньше» или «чуть больше» – задача при этом существенно упростится.

#### **17. Принцип перехода в другое измерение:**

а) трудности, связанные с движением (или размещением) объекта по линии, устраняются, если объект приобретает возможность перемещаться в двух измерениях (т. е. на плоскости). Соответственно задачи, связанные с движением (или размещением) объектов в одной плоскости, устраняются при переходе к пространству в трех измерениях;

б) использовать многоэтажную компоновку объектов вместо одноэтажной;

в) наклонить объект или положить его «на бок»;

г) использовать обратную сторону данной площади;

д) использовать оптические потоки, падающие на соседнюю площадь или обратную сторону имеющейся площади.

#### **18. Принцип использования механических колебаний:**

а) привести объект в колебательное движение;

б) если такое движение уже совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой);

в) использовать резонансную частоту;

- г) применить вместо механических вибраторов пьезовибраторы;
- д) использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электромагнитными полями.

**19. Принцип периодического действия:**

- а) перейти от непрерывного действия к периодическому (импульсному);
- б) если действие уже осуществляется периодически, изменить периодичность;
- в) использовать паузы между импульсами для другого действия.

**20. Принцип непрерывности полезного действия:**

- а) вести работу непрерывно (все части объекта должны все время работать с полной нагрузкой);
- б) устранить холостые и промежуточные ходы.

**21. Принцип проскока:** вести процесс или отдельные его этапы (например, вредные или опасные) на большой скорости.

**22. Принцип «обратить вред в пользу»:**

- а) использовать вредные факторы (в частности, вредное воздействие среды) для получения положительного эффекта;
- б) устранить вредный фактор за счет сложения с другими вредными факторами;
- в) усилить вредный фактор до такой степени, чтобы он перестал быть вредным.

**23. Принцип обратной связи**

- а) ввести обратную связь;
- б) если обратная связь есть, изменить ее.

**24. Принцип «посредника»**

- а) использовать промежуточный объект, переносящий или передающий действие;
- б) на время присоединить к объекту другой (легкоудаляемый) объект.

**25. Принцип самообслуживания:**

а) объект должен сам себя обслуживать, выполняя вспомогательные и ремонтные операции;

б) использовать отходы (энергии, вещества).

#### **26. Принцип копирования:**

а) вместо недоступного, сложного, дорогостоящего, неудобного или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии;

б) заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями). Использовать при этом изменение масштаба (увеличить или уменьшить копии);

в) если используются видимые оптические копии, перейти к копиям инфракрасным и ультрафиолетовым.

**27. Принцип дешевой недолговечности взамен долговечности:** заменить дорогой объект набором дешевых объектов, поступившись при этом некоторыми качествами (например, долговечностью).

#### **28. Принцип замены механической схемы:**

а) заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»;

б) использовать электрические, магнитные и электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;

в) перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных - к меняющимся во времени, от неструктурных - к имеющим определенную структуру;

г) использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами.

**29. Принцип использования пневмо- и гидроконструкций:** вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные.

#### **30. Принцип использования гибких оболочек и тонких пленок:**

а) вместо обычных использовать гибкие оболочки и тонкие пленки;

б) изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок.

### **31. Принцип применения пористых материалов:**

а) выполнить объект пористым или использовать дополнительные пористые элементы (вставки, покрытия и т. д.);

б) если объект уже выполнен пористым, предварительно заполнить поры каким-то веществом.

### **32. Принцип изменения окраски:**

а) изменить окраску объекта или внешней среды;

б) изменить степень прозрачности объекта или внешней среды.

**3. Принцип однородности:** объекты, взаимодействующие с данным объектом, должны быть сделаны из того же материала (или близкого ему по свойствам).

### **34. Принцип отброса и регенерации частей:**

а) выполнившая свое назначение или ставшая ненужной часть объекта должна быть отброшена (растворена, испарена и т. д.) или видоизменена непосредственно в ходе работы;

б) расходимые части объекта должны быть восстановлены непосредственно в ходе работы.

### **35. Принцип изменения физико-химических параметров объекта:**

а) изменить агрегатное состояние объекта;

б) изменить концентрацию или консистенцию;

в) изменить степень гибкости;

г) изменить температуру.

**36. Принцип применения фазовых переходов:** использовать явления, возникающие при фазовых переходах, например, изменение объема, выделение или поглощение тепла и т. д.

### **37. Принцип применения теплового расширения:**

а) использовать тепловое расширение (или сжатие) материалов;

б) использовать несколько материалов с разными коэффициентами теплового расширения.

### **38. Принцип применения сильных окислителей:**



- а) заменить обычный воздух обогащенным;
- б) заменить обогащенный воздух кислородом;
- в) воздействовать на воздух и кислород ионизирующим излучением;
- г) использовать озонированный кислород;
- д) заменить озонированный кислород (или ионизированный) озоном.

**39. Принцип применения инертной среды:**

- а) заменить обычную среду инертной;
- б) вести процесс в вакууме.

**40. Принцип применения композиционных материалов:** перейти от однородных материалов к композиционным.

Представьте поединок двух бойцов одинаковой силы, один из которых знает приёмы ведения боя и умеет их применять, а другой – нет. Нетрудно догадаться кто победит.

## **ГЛАВА 7. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИЁМОВ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ**

Необходимо подчеркнуть, что приведённые приёмы разрешения технических противоречий – это инструмент **для** мышления, а не **вместо** мышления, поскольку формулированы в общем виде. Они подобны брёвнам в деревянном срубе: их надо подгонять, учитывая индивидуальные особенности задачи. Если, например, рассматривается приём № 1 «Дробление», это лишь означает, что решение каким-то образом связано с разделением объекта.

Очевидно, что простейшим способом применения приёмов является их перебор – такое использование приёмов достаточно распространено. Многие опытные специалисты имеют «любимые» приёмы, с помощью которых им удалось реально ускорить процесс решения собственных задач. Иными словами - это приёмы, сила которых была подтверждена на практике, в ситуации практического изобретательства. К сожалению, прошлый опыт применим не всегда.

В систематическом переборе всего предложенного массива имеется сложность, которую следует учитывать. Сами приёмы не несут в себе конкретных решений. Увидеть решение, развернуть его на основе предлагаемого принципа или подсказки должен сам решающий задачу. Поэтому работа с каждым приёмом не может быть простой и быстрой. На него надо настроиться, внимательно и скрупулезно просмотреть возможности использования заложенных в нём рекомендаций под самыми разными углами зрения. Даже в самом экономном, ускоренном режиме работа с одним приёмом занимает в процессе реального решения задач не менее получаса.

Следовательно, эффективный перебор всех сорока приёмов затруднён потому, что не удастся длительно поддерживать требуемый уровень внимания.

Для устранения этого недостатка был разработан специальный поисковый аппарат — таблица устранения технических противоречий (рис. 12), позволяющая значительно уменьшить количество приёмов, рекомендуемых к использованию.

Признак, подлежащий изменению	Препятствующий признак								
	Масса	Объем	Продолжительность	Прочность	Форма	Надежность	Точность	Ремонтопригодность	Вредные факторы
Масса	—	29	6	9	9	3	26	2	8
		34	25	8	14	11	27	27	13
		6	34	34	24	14	28	31	1
		9			16	1	31	11	22
Объем	2	—	6	9	1	14	32	34	22
	14		25	14	15	1	26	10	23
	29		35	15	16		28		33
	8			7	29				
Точность	28	32	3	3	32	11	—	2	2
	32	31	27			32		10	32
	13								10 29
Мощность (производительность) или емкость	12	35	19	9	2	19	32	2	19
	8	6	35	26	14	2	15	35	18
	34	18	10	31	29	34	2	10	4
	23	13							22
Надежность	3	16	25	11	35	—	32	11	19
	8	8	2	28	11		3		21
	9	9	35		1		11	1	23
	29	14	3						33

Рисунок 12. Фрагмент таблицы устранения технических противоречий

Таблица состоит из тождественных друг другу горизонтальной и вертикальной осей, включающих перечень из 39 ключевых характеристик технических систем. Конфликтные отношения между ними и составляют суть большинства технических противоречий, встречающихся на практике. В ячейки таблицы вписаны номера приёмов из списка. Прежде чем выбрать приём, нужно сформулировать техническое противоречие, составляющее суть изобретательской задачи. Затем улучшаемая и ухудшающаяся характеристики, описанные в противоречии, адаптируются к характеристикам на осях таблицы. Так, если по условиям задачи требуется повысить точность работы прибора, то можно выбрать строку «точность измерений». Но можно, детально исследовав, от чего зависит точность, выбрать конкретную характеристику, которую надо улучшить в приборе, например «силу». На пересечении найденных строки (улучшаемой характеристики) и столбца (ухудшающейся при этом характеристики) находится ячейка, в которой обозначены номера приёмов.

Приёмы в каждой ячейке даны не в порядке их возрастания, а по частоте применения в исследованном массиве изобретений. Поэтому, если необходимо найти как можно более простое и быстро внедряемое решение, приёмы следует использовать, начиная с первого из рекомендованных. Если же решение должно быть как можно более оригинальным, неожиданным, нужно начинать с последнего.

В бумажном формате такая таблица занимает приличную площадь - минимум метр на метр. Компьютерные технологии легко решают эту проблему – достаточно пройти по предлагаемой ссылке:

**<http://triz-online.ru/triz-app/troctr.php>**

В режиме «он-лайн» несложная программа предлагает выбрать из перечня параметров тот, который надо улучшить, отметив при этом препятствующий признак. После чего предлагает список рекомендуемых приёмов. Единственное неудобство заключается в необходимости иметь под рукой компьютер с выходом в интернет. Впрочем, современные смартфоны закрыли и эту проблему.

*Задача 4. Когда при Екатерине II было закончено возведение Зимнего дворца, на Сенатской площади образовалось огромное количество строительного мусора – обрезки брёвен и досок, камни, песок, куски алебаstra и прочее. Когда подсчитали во что обойдётся его вывоз – ахнули. Получилась огромная сумма, чтобы нанять целую армию ломовых извозчиков. Да, и затраченное на это время измерялось бы месяцами. Как быть?*

Когда генерал-губернатор Санкт-Петербурга решал эту проблему, он и не подозревал, что пользуется изобретательским приёмом № 5 «Объединение». По городу было расклеено несколько объявлений, в котором было сказано, что «жителям Санкт-Петербурга не возбраняется безвозмездно брать для личных нужд строительный мусор с Дворцовой площади». И всего за двое суток петербуржцы, объединённые возможностью получить бесплатно что-то полезное в хозяйстве, всё это вывезли и вынесли чуть ли не в карманах. Казна, при этом, не потратила ни копейки.

Этот же приём используют для ускорения сроков строительства – в заводских условиях собирают отдельные элементы и конструкции в блоки или секции, которые потом монтируют на строительной площадке. По существу, железобетонная стена – это **объединение** исходных разнородных материалов в систему.

Для понимания приведём ещё несколько ярких примеров применения приёмов из разных областей техники.

В стрелковом оружии автоматический режим огня обеспечивает отвод части пороховых газов для взвода затвора. Это применение **принципа самообслуживания**, где для выполнения дополнительной функции используются отходы энергии. Этот же приём позволил при перевозке самосвалами влажного грунта в зимнее время избежать его примерзания. Для этого, часть выхлопных газов пустили под днищем кузова, которые его обогревали без всяких дополнительных затрат.

**Принцип дешевой недолговечности взамен дорогой долговечности** дал миру одноразовые шприцы. Теперь не надо тратить время и ресурсы для их обеззараживания в автоклаве.

При отправке круглого леса по железной дороге много времени уходит на, так называемую, «тачковку» – каждому бревну вручную измеряют диаметр и записывают его значение на самом спиле, чтобы определить объём отправляемого груза. Следуя **принципу копирования**, предложено фотографировать торец каждого вагона с масштабной линейкой, прикреплённой к одному из брёвен. Теперь, пока поезд идёт, можно без спешки подсчитать точную кубатуру и сообщить её заказчику.

В процессе изготовления железобетонных конструкций для панельных домов в них предусматривают выемки и каналы в определённых местах, а также устанавливают металлические закладные детали. Теперь, на стройплощадке панели и плиты перекрытия можно соединить дуговой сваркой, а при монтаже электрической проводки, розеток и выключателей не надо тратить время и силы на бурение стен. Это иллюстрация **принципа предварительного действия**.

Пример применения **принципа предварительного антидействия** - предварительно напряжённая арматура в тех же железобетонных изделиях, которая существенно повышает их прочность. А надувная опалубка явно появилась благодаря приёму **использования пневмо- и гидроконструкций**.

Для перекрытия большепролётных сооружений, типа стадионов, предложено использовать надувные конструкции, наполненные гелием – **принцип антивеса** в чистом виде. Примеры можно продолжать и продолжать.

Вернёмся к задаче про фундаменты для слабых и просадочных грунтов. Сформулируем техническое противоречие. Фундаментная плита должна быть очень прочной, чтобы выдерживать нагрузки при провисании её части. Для этого надо увеличить её толщину. Это изменение приводит к резкому увеличению веса конструкции, что даёт дополнительную нагрузку на слабые грунты.

Выбираем в таблице приемов улучшаемый параметр «прочность», а препятствующий признак – «вес неподвижного объекта». Рекомендуемые приёмы – перейти от однородных материалов к композитным, и раздробить объект.

Применение композитных материалов – это очень сильный ход. Недаром крыло современного истребителя, которое должно выдерживать колоссальные нагрузки, изготавливают из нескольких слоёв различных материалов с необходимыми свойствами – стойкость к высоким температурам, продольная и поперечная прочность, отражение излучения радиолокатора. Применение в качестве основного материала лёгкого углепластика даёт колоссальный выигрыш в массе этого крыла без всякого ущерба для прочности. Проблема одна – высокая стоимость, которая не позволяет применять эти материалы для обычного фундамента. Золотой получается домик.

Дробление объекта тоже не даёт прямого результата – разделённый на части фундамент не даст в сумме необходимой прочности.

Зачастую, сложные задачи требуют применение сразу нескольких приёмов. Если мы выберем противоречие «прочность-объём», то одним из рекомендуемых приёмов будет принцип перехода в другое измерение, где одним из пунктов является использование многоэтажной компоновки вместо одноэтажной. Применение этого принципа, в сочетании с дроблением объекта и привело к решению, полученному специалистами инженерно-строительного института СФУ (патент РФ № 55388).

Шаг первый. Дробим фундаментную плиту на две части – верхнюю и нижнюю. Шаг второй – переходим к многоэтажной компоновке – между ними устраиваем вертикальные перегородки. Получаем объёмную конструкцию, наподобие пчелиных сот, которая обладает намного более высокой прочностью, чем монолитная (рис. 13).

Если образовавшиеся пазухи заполнить недорогим утеплителем, например, шлаком, получаем дополнительные бонусы в виде тёплых полов в доме или теплоизолирующего фундамента для строительства в условиях вечной мерзлоты.



Рис. 13. Пространственная фундаментная платформа

В качестве иллюстрации того, что приёмы разрешения технических противоречий успешно работают в самых различных областях человеческой деятельности, приведём такую задачу.

*Задача 5. В пруду развели небольшое количество форели, но чтобы получить прибыль от её реализации, цена должна быть выше рыночной. Как получить прибыль от реализации форели?*

Для её решения уже привычно сформулируем техническое противоречие. Если рыбы развели немного, значит были большие затраты на получение единицы продукции. Поэтому, в перечне улучшаемых параметров выбираем «потери вещества», поскольку рыбы мало. Что же у нас ухудшается? Есть такой показатель, как «затраты энергии подвижных объектов». Это или затраты на энергию рыб, а может быть и на беготню в поисках покупателей, для которых цена на рыбу не имеет значения.

Стандартное противоречие привело к стандартному приёму – принцип посредника. Казалось бы, посредник в торговле неизбежно приводит к дополнительному удорожанию товара. Как же сделать наоборот, чтобы посредник приносил не убытки, а прибыль. И решение нашлось: на пруду разрешили платный лов форели. Рыбаки платили и за рыбу, и за удовольствие.

## ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

*Задача 6. Водосточная труба. Зимой в ней намерзает лёд, а весной подтаивает и с грохотом падает вниз, обламывая конец трубы. Как предотвратить обламывание трубы?*

*Задача 7. Это случилось в прошлом веке. При строительстве железной дороги на ровном месте оказался огромный валун. Запрягли всех лошадей, но оттащить камень не удалось. Изменять трассу железной дороги нельзя. Как быть?*

*Задача 8. Вы - библиотекарь. У вас сотни активных читателей, которые ежедневно приходят за новыми книгами. Здание библиотеки старое, и потребовался его ремонт. Нужно переезжать в новое здание, но у вас нет ни автомобилей для перевозки книг, ни средств, чтобы оплатить работу грузчиков. Как быть?*

*Задача 9. На фабриках - филиалах в Таиланде и на Тайване производились высококачественные кроссовки фирмы «Reebok», которые пользовались большим спросом в европейских магазинах. Несмотря на хороший сбыт продукции, у руководителей фирмы возникла проблема: рабочие фабрик стали воровать обувь. Как, не прибегая к репрессивным мерам, помочь фирме прекратить воровство кроссовок?*

*Задача 10. Следя за безопасностью дорожного движения, инспекторы ГИБДД часто останавливают автомобили для проверки протекторов автопокрышек. Нередко между автоинспектором и водителем возникает такой диалог: «Резина-то на ваших покрышках «лысая». «Да какая - же она «лысая»? Только на этой неделе поставил». Как объективно и четко определить: кто из них прав?*

*Задача 11. Как в небольшом помещении организовать условия для полноценной тренировки пловцов?*



## ГЛАВА 8. ФИЗИЧЕСКОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ

При решении технической задачи, человек её уточняет, последовательно переходя от одного противоречия к другому. Административное противоречие – это ситуация, когда надо что-то хорошее сделать, а как – неизвестно. Есть система с недостатком, нужен положительный результат. Далее, следует переход от проблемной ситуации к задаче. Он приводит к формулировке технического противоречия, которое указывает на две конфликтующие части системы.

Не всегда формулировка технического противоречия позволяет найти решение проблемы. Сложные задачи, как правило, требуют более детального представления о работе системы, о её изменении, о доступных ресурсах. Становится необходимым понимать точное место конфликта в системе с переходом от технических требований к физическим. Если эти требования взаимно противоположны – возникает физическое противоречие.

**Физическое противоречие** – это совокупность взаимно противоположных физических требований к одному элементу данной системы.

Например, он должен быть одновременно и длинным и коротким, горячим и холодным, жёстким и гибким и так далее. При формулировании такого противоречия чётко выделяется не только место конфликта, но и время, в которое он происходит. Такая детализация взаимоисключающих требований уже является моделью задачи. Физическое противоречие обостряет конфликт до предела и, как ни странно, именно благодаря этому облегчает решение.

Простейший пример. Для измерения объектов большого размера необходима очень длинная линейка. Это свойство должно выполняться в момент самого измерения. Для переноса такая протяжённая конструкция очень неудобна, следовательно, она должна быть очень короткой, компактной. Очевидно, что противоречивые требования можно разнести по времени – линейку свернули в рулон и получили всем известную рулетку.

Физическое противоречие можно разделить и в пространстве. К материалу трубы, по которой перекачивается жидкость, имеется ряд требований. Труба должна обладать сразу несколькими свойствами:

- иметь очень гладкую внутреннюю поверхность для снижения сил трения;
- быть очень прочной в продольной оси, чтобы не сломаться при деформациях, вызванных, например, осадкой грунта;
- защищать трубу от внешних воздействий – ударов, коррозии, блуждающих токов, химически агрессивных грунтовых вод.

Подобрать материал, который бы отвечал всем этим требованиям на физическом уровне крайне сложно, если не сказать невозможно. Возникает физическое противоречие, которое может быть разнесено в пространстве. Трубу выполняют из композитных материалов. Теперь каждый её слой в поперечном сечении выполняет свою функцию. Наружный защищает от внешних воздействий, средний очень прочен в продольном направлении, а внутренний – гладкий до зеркальности с минимально возможным коэффициентом шероховатости.

Ещё одна задача, но уже из области кулинарии. Чтобы сварить хорошую кашу – надо точно соблюсти пропорцию крупы и воды. Возникает физическое противоречие – воды в кастрюле должно быть много, чтобы каша гарантированно сварилась, и воды должно быть мало, чтобы каша не превратилась в размазю. Решение – кашу готовят на пару, и крупа забирает столько воды, сколько ей необходимо. Обратим внимание, что решением послужило применение сразу двух приёмов – кашу и воду не только разделили в пространстве, но и применили фазовый переход жидкость-газ. Такой же фазовый переход жидкость-твёрдое тело можно применять, например, для получения усилий для реализации какого-либо действия при превращении воды в лёд. К примеру, бесплатный ледяной домкрат.

Кроме фазовых переходов, в качестве одного из наиболее эффективных приёмов принято считать физико-химический переход. Это применение, так называемых физических и химических эффектов. Рассмотрим на примере.

*Задача 12. При сварочных работах глаза рабочего защищает маска или очки с очень тёмными стёклами. Через них видно место сварки в процессе работы из-за яркости электрической дуги или ацетиленовой горелки. Однако, чтобы контролировать качество сварного шва приходится часто снимать очки или маску. А это снижает производительность труда. Как быть?*

Формулируем техническое противоречие: чтобы варить, не повреждая зрение – нужны защитные очки, а чтобы видеть готовый сварной шов – очки не нужны. Анализируем, что мы можем изменить в системе. Саму технологию сварки, очевидно, менять нельзя, устройство человеческих глаз – тоже. Остаются очки. Место конфликта найдено. Остаётся определить его время – когда идёт процесс сварки, то глазам нужна защита, а когда сварка прерывается – защита уже не нужна. Формулируем физическое противоречие – для того, чтобы видеть свариваемую деталь защитные очки сварщика должны быть прозрачными, а чтобы предохранить глаза – непрозрачными. Следовательно, очки должны изменять свою прозрачность в зависимости от яркости окружающего света. Такой физический эффект есть – он называется фотохромным. Стекла таких очков от пламени дуги становятся непрозрачными, и при её отсутствии – свободно пропускают свет.

Из анализа патентного фонда исследователям удалось выделить пятьдесят наиболее применяемых изобретателями физических эффектов. Из них составлен «Указатель физических эффектов», который в очень краткой форме приведён ниже в виде таблицы 4.

Таблица 4. Указатель физических эффектов

<b>№№ пп</b>	<b>Физические эффекты, явления, процессы, силы и т.п.</b>	<b>Некоторые возможные применения в изобретательстве</b>
1	2	3
1.	Центробежная сила.	Разделение разнородных объектов. Придание объектам определённой формы.
2.	Гироскопические эффекты.	Фиксация направления. Обеспечение устойчивости объектов.

1	2	3
3.	Механические колебания. Резонанс. Стоячие волны.	Управление перемещением объектов и их составных частей. Измерение различных физических параметров. Избирательное воздействие на один из элементов системы. Усиление механического действия. Создание определенной структуры в веществе.
4.	Ультразвук. Кавитация.	Измерение различных физических параметров. Интенсификация процессов, идущих на молекулярном уровне (смешивание, осаждение, разделение, очистка поверхностей от осадков, разрушение, сварка и т.д.).
5.	Эффект Баушенгера. Эффект Пойнтинга.	Измерение различных механических характеристик объектов (перемещение, действующие на объект усилия и т.д.).
6.	Эффект К.Александрова.	Повышение эффективности передачи энергии при ударе.
7.	Эффект Томпса.	Снижение гидравлического сопротивления.
8.	Эффект Бернулли. Эффект Коанда. Эффект турбулизации струи. Эффект взаимодействия струй.	Управление пневмо- и гидропотоками, их измерение. Перемешивание потоков.
9.	Гидравлический удар. Электродинамический удар (эффект Л.Юткина). Светогидравлический удар.	Импульсная передача механической энергии. Обработка и разрушение твердых сред. Интенсификация процессов в газообразных и жидких средах.
10.	Капиллярные явления.	Передача и распределение жидкостей по площади и объектам.
11.	Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Ранка.	Нагревание и охлаждение газов.
12.	Тепловое расширение твердых тел.	Получение больших усилий. Управляемое перемещение объектов.
13.	Сверхтекучесть.	Снижение (уничтожение) трения.
14.	Радиометрический эффект.	Измерение низких давлений. Исследование газовых сред и их взаимодействия со стенками.

1	2	3
15.	Статическое электричество.	Интенсификация технологических процессов. Управление движением вещества, находящегося в раздробленном состоянии (пыль, порошок). Электронная технология.
16.	Электрические разряды в газах.	Интенсификация химических реакций. Измерение различных физических характеристик объекта (являющегося электродом). Управление движением фазовых потоков и частиц вещества. Преобразование электрического тока.
17.	Явление анодного растворения.	Обработка поверхностей различных объектов. Интенсификация механической обработки. Повышение стойкости инструментов.
18.	Размагничивание ферромагнетиков при нагреве выше точки Кюри. Эффект Гопкинса.	Автоматизация процесса, зависящих от температуры. Измерение различных физических характеристик.
19.	Эффект Баркгаузена (Баркхаузена).	Регистрация различных импульсных процессов.
20.	Магнитокалорический эффект.	Получение низких температур.
21.	Эффект Холла.	Измерение характеристик магнитных полей и объектов, находящихся в магнитных полях.
22.	Пьезоэлектрические эффекты.	Взаимопреобразование механических и электрических колебаний. Измерение различных физических характеристик. Обеспечение микроперемещений (особенно в колебательном режиме).
23.	Термоэлектрические явления (явление Зеебека, явление Пельтье, явление Томсона).	Охлаждение и нагрев объектов. Измерение температуры. Анализ структуры объектов.
24.	Термоэлектронная эмиссия. Эффект Молтера.	Преобразование тепловой энергии в электрическую. Хранение информации.
25.	Эффект Ганна.	Генерирование и усиление СВЧ, стабилизация токов, логические схемы.

1	2	3
26.	Гиромангнитные явления (эффект Эйнштейна – Де Газа, эффект Барнетта).	Измерение характеристик магнитных полей и объектов, находящихся в магнитных полях.
27.	Магнитоупругий эффект.	Регистрация различных состояний объекта (напряжения, деформации).
28.	Магнитострикция.	Измерение различных физических характеристик объектов. Преобразование механических и электромагнитных колебаний.
29.	Дельта Е эффект.	Измерение характеристик объектов, находящихся в магнитных полях.
30.	Индукцированные токи в сплошных проводниках.	Нагрев объектов. Управление движением объектов, в которых наведены индуцированные токи.
31.	Скин-эффект.	Обработка поверхностей объектов.
32.	Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Эффект Джозефсона.	Передача электроэнергии. Получение и измерение магнитных полей. Генерирование миллиметровых электромагнитных волн.
33.	Интерференция и дифракция. Эффект Допплера. Муаровый эффект.	Исследование различных поверхностей. Регистрация микросдвигов. Измерение расстояний.
34.	Световое давление.	Регулирование и настройка сверхтонких механизмов. Перемещение объектов в космических условиях.
35.	Оптико-акустический эффект.	Анализ состава и состояния газовых сред.
36.	Голография.	Воспроизведение волновых полей излучения. Регистрация и обработка информации о структуре и свойствах объектов.
37.	Инфракрасное излучение. Ультрафиолетовое излучение.	Нагрев объектов. Определение различных характеристик процессов и объектов. Интенсификация химических процессов.
38.	Рентгеновские излучения. Радиоактивные излучения.	Определение и изменение различных характеристик процессов и объектов. Интенсификация химических процессов. Регистрация перемещения объектов.

1	2	3
39.	Эффект Черенкова.	Измерение параметров сверхбыстро-движущихся частиц.
40.	Эффект Мёссбауэра.	Анализ химического состава объектов.
41.	Индуцированное (лазерное) излучение.	Получение, передача и обработка сигналов. Точные измерения механических характеристик. Передача энергии. Создание высоких температур в малых объёмах. Обработка материалов.
42.	Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).	Изучение строения веществ. Генерация сверхмощных субмиллиметровых волн.
43.	Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).	Измерение магнитных полей. Анализ состава веществ.
44.	Эффект Оверхаузена-Абрагама.	Измерение магнитных полей.
45.	Фотоэффекты (внешний, внутренний).	Превращение света в поток электронов. Регистрация и определение характеристик светового потока. Автоматизация процессов.
46.	Эффект Дембера, фотопластический эффект.	Регистрация и определение характеристик светового потока. Излучение структуры твёрдого тела.
47.	Фотохромный эффект.	Изменение внешнего вида и прозрачности объекта в зависимости от разных факторов.
48.	Люминесценция. Эффект Гуддена-Поля.	Преобразование разных видов энергии в световую энергию. Управление изображениями. Контроль за перемещениями вещества. Дефектоскопия.
49.	Поляризация света.	Исследование состава веществ. Определение параметров излучающего объекта. Управление световыми потоками.
50.	Фотоупругость. Эффект Керра. Эффект Максвелла.	Исследование состояния жидких и твёрдых тел. Датчики давления. Управление световыми потоками. Исследование микрообъектами.

Применение физических эффектов на практике может дать очень сильные решения. Даже всем знакомое со школы явление теплового расширения позволяет создать как неломаящиеся домкраты, так и устройства для очень точного перемещения различных объектов.

Работать с таким информационным фондом не совсем просто. Надо чётко понимать из формулировки физического противоречия вид ресурса, имеющегося в системе и желательное преобразование, которое необходимо осуществить. К примеру, по условиям задачи объект должен обладать магнитными свойствами и не обладать ими. Здесь на помощь может прийти эффект размагничивания ферромагнетиков при нагреве выше точки Кюри. Но, для его применения надо из дополнительной литературы узнать максимум возможного как о самом эффекте, так и об его использовании в уже решенных научно-технических задачах.

Для устранения противоречий такого типа, кроме физических эффектов применяют и химические. Это некие преобразования на молекулярном уровне или их результат, которые использовались для решения технических задач.

Например, химическим электролизом облегчают отделение опалубки от отвердевшего бетона (А.С. № 628266).

В добывающей промышленности вместо механического дробления руды и подъёма её на поверхность, используют метод выщелачивания рудного тела с получением раствора металла и последующим его выделением химическим путем.

Одна из самых любопытных историй в изобретательстве связана с обыкновенной электрической лампой. Чтобы улучшить яркость излучения нужно было повысить температуру нити накала. Но, чем выше температура нити, тем быстрее идет испарение металла: нить становится тоньше и быстро перегорает. При этом, на внутренней поверхности колбы быстро образовывался тёмный налет испарившегося вольфрама. Каких только сплавов и легирующих добавок к вольфраму не перепробовали, как только не меняли характеристики тока и температурный режим, ничего не помогало. Решение лежало в области химии –



внутри колбы добавили бром. Он взаимодействует с осевшим на колбу вольфрамом, образует бромид вольфрама, который, испаряясь, устремляется в зону с самой высокой температурой – на нить накала. Там он разлагается, и вольфрам оседает туда, откуда он испарился. При этом, даже частично разрушенная нить самовосстанавливается в процессе работы. Примечательно, что этот физико-химический процесс не потребляет энергии извне и не требует никаких дополнительных обслуживающих систем.

Наиболее полная и системная информация о применении химических эффектов для решения научно-технических задач приведена в [3].

Для решения физических противоречий могут быть применены и эффекты, под условным названием «геометрические». К ним относят плоские и объёмные фигуры, как уже существующие в системе в виде элементов, так и вводимые извне. Мало кто задумывался, почему для сноса домов используют чугунный шар-бабу на тросу экскаватора-драглайна. Не куб или пирамиду, а именно шар. Ответ прост – шар имеет минимальную из всех возможных площадь контакта – точку. Значит, импульс удара будет максимальным, в отличие от других объёмных фигур. Такое точечное касание позволило создать шарико-подшипники, а сама форма шара с равным восприятием внешней силы всеми точками поверхности – дала возможность изобрести шарниры с различными степенями свободы.

Среди прочих геометрических фигур можно выделить треугольник Рёлло, который образуется пересечением трёх окружностей (рис. 14). Треугольник Рёлло является простейшей после круга фигурой постоянной ширины. То есть, если к нему провести пару параллельных опорных прямых, то независимо от выбранного направления, расстояние между ними будет постоянным. Он позволяет получить максимально эффективные осевые соединения вала со втулкой, поскольку не концентрирует вредных напряжений.

Фреза с сечением в виде треугольника Рёлло и режущими лезвиями, совпадающими с его вершинами, позволяет получать почти квадратные отверстия. Отличие таких отверстий от квадрата в сечении состоит лишь в немного скруг-

лённых углах (рис. 15). Другая особенность подобной фрезы заключается в том, что его ось при вращении не должна оставаться на месте, как это происходит в случае традиционных спиральных свёрл, а описывает в плоскости сечения кривую, состоящую из четырёх дуг эллипсов. Поэтому, патрон, в котором зажата фреза, и крепление инструмента не должен препятствовать этому движению.

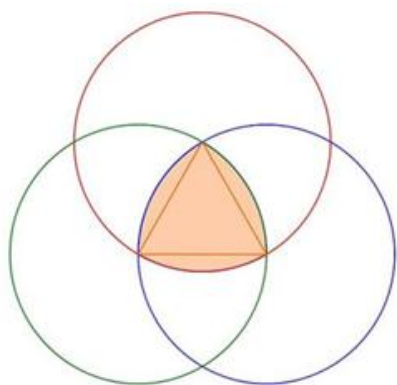


Рис. 14. Треугольник Рёлло

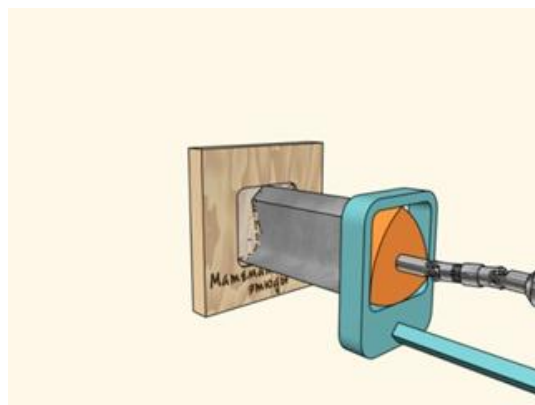


Рис. 15. Фреза с поперечным сечением в виде треугольника Рёлло

Этот геометрический эффект позволяет устранить физическое противоречие к форме – как при вращательном движении получить прямоугольник. Например, при шлифовании бетонного пола нельзя обработать углы, поскольку бруски совершают круговые движения. Шлифовальная машинка с рабочим инструментом в виде треугольника Рёлло позволяет легко решить эту задачу. Ещё одной уникальной геометрической фигурой является лента Мёбиуса. Это простейшая поверхность с краем, односторонняя в обычном трёхмерном пространстве. Попасты из одной точки этой поверхности в любую другую можно, не пересекая края. Модель ленты Мёбиуса может быть легко сделана. Для этого надо взять бумажную полоску и соединить её концы, предварительно перевернув один из них. В результате получается односторонняя бесконечная поверхность. Это свойство дало возможность получить в шлифовальной ленте двойное увеличение обрабатываемой поверхности (рис. 16). Можно вместо ленты взять многогранник и скрепить его так, чтобы одна из ветвей многогранника развернута относительно другой в месте скрепления его концов в беско-

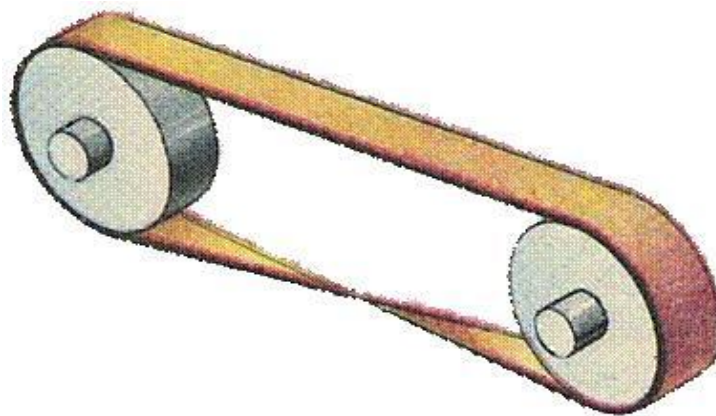


Рис. 16. Лента Мёбиуса

нечный ремень на одну или более граней. При работе такого инструмента изделие будут последовательно обегать не одна или две, а все грани гибкого многогранника. Иначе говоря - площадь абразивного ремня по сравнению с обычным увеличивается в  $N$  раз, где  $N$  - число граней (А.С. № 324137).

Кроме уже приведённых примеров, в технических системах применяются и другие геометрические эффекты: щёточные конструкции, эксцентрики, гиперболоиды вращения, шнеки, спирали и другие [11], которые помогают устранить физические противоречия.

## ГЛАВА 9. ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Одну из главных задач современная цивилизация видит в преобразовании среды обитания под собственные потребности. Эта задача предусматривает создание искусственного управляемого буфера – второй природы между человеком и природой первой. Наука поставляет объективные данные, которые реализуются в технике. Таким образом, следует признать, что в процессе общей эволюции природы есть неотъемлемая составная часть, которую можно назвать техноэволюцией. Статистически значимым объектом этого процесса принято считать техническую систему.

**Техническая система** - это совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, обладающая свойствами, не сводящимися к свойствам от-

дельных элементов, и предназначенная для выполнения определенных полезных функций.

Исследования показали [2], что технические системы, несмотря на их огромное разнообразие обладают рядом общих свойств, признаков и структурных особенностей, что позволяет считать их единой группой объектов. Выделяют четыре основных признака технических систем.

**1. Функциональность.** Функция – это способность технической системы воздействовать на другую систему, изменяя её состояние. У любой функции есть воображаемый итог - цель, которая должна быть полезной, поскольку задаётся человеком для удовлетворения потребности. Иными словами, потребность ставит задачу - это то, что нужно сделать, а функция уже реализует эту потребность в технической системе.

Возникновение потребностей, осознание цели и формулирование функции - это процессы, происходящие внутри человека. Но, реально действующая функция - всегда непосредственное воздействие на предмет труда. Оно всегда производится неким рабочим органом. Первоначально это были части тела человека, которые постепенно были заменены искусственными - техническими системами. Рабочий орган и есть носитель функции в чистом виде. Все остальные части вспомогательные.

Каждая техническая система может выполнять несколько функций, из которых только одна главная, ради которой она и существует, остальные - дополнительные, облегчающие выполнение главной.

**2. Структурность.** Структура - это совокупность элементов и связей между ними, которые определяются физическим принципом осуществления требуемой полезной функции.

Если функцию системе задаёт человек, то структура - более объективный признак технической системы, она зависит только от вида и материального состава элементов, а также от способов их соединения. Составление структуры - это некое программирование физического принципа системы с целью получения в результате полезной функции. Структура должна оставаться неизменной

в процессе функционирования системы, обеспечивая минимальные потери энергии и однозначность её действия, исключая ошибки.

Элемент - минимальная единица системы, способная к выполнению некоторой элементарной функции. Все технические системы начинались с одного элемента, предназначенного для выполнения одной элементарной функции. С развитием системы происходит разделение элемента на составные части с разными функциями. К примеру, копьё делится на древко и наконечник. Процесс усложнения элемента происходит до тех пор, пока он не выделится в отдельную систему.

Форма - это внешнее проявление структуры технической системы, а структура - внутреннее содержание формы. Эти два понятия тесно взаимосвязаны. В технической системе может преобладать одно из них и диктовать условия воплощения другой. Например, форма самолётного крыла определяет его структуру.

Структура любой технической системы иерархична. Однако, и сами технические системы относятся между собой в строго определённом порядке (таблица 5).

Таблица 5. Иерархия технических систем.

<b>Уровень</b>	<b>Название системы</b>	<b>Пример</b>	<b>Аналог в природе</b>
1	2	3	4
1	Техносфера	Техника + люди + ресурсы + система потребления	Биосфера
2	Техника	Вся техника (все отрасли)	Фауна
3	Отрасль техники	Транспорт (все виды)	Тип
4	Объединение	Аэрофлот, автотранспорт, ж\д транспорт	Класс
5	Предприятие	Завод, метро, аэропорт	Организм
6	Агрегат	Локомотив, вагоны, рельсовый путь	Органы тела: сердце, легкие и т.д.

1	2	3	4
7	Машина	Локомотив, автомобиль, самолет	Клетка
8	Неоднородный механизм (совокупность узлов, позволяющая осуществлять перевод энергии и вещества из одного вида в другой)	Электростатический генератор, двигатель внутреннего сгорания	Молекулы ДНК, РНК, АФТ
9	Однородный механизм (совокупность узлов, позволяющая энергию и вещества не меняя их вида)	Винтовой домкрат, тележка, парусное оснащение, часы, трансформатор, бинокль	Молекула гемоглобина способная транспортировать кислород
10	Узел	Ось и два колеса (появляется новое свойство - способность качения)	Сложные молекулы, полимеры
11	Пара деталей	Винт и гайка, ось и колесо	Молекула, образованная разными радикалами, например: $\begin{array}{c} \text{C}_2\text{H}_5-\text{C}=\text{O} \\   \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$
12	Неоднородная деталь (при разделении образует неодинаковые части)	Винт, гвоздь	Несимметричная углеродная цепь: $\begin{array}{c} -\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}- \\   \\ \text{C} \end{array}$
13	Однородная деталь (при разделении образует одинаковые части)	Проволока, ось, балка	Углеродная цепь: $-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-$
14	Неоднородное вещество	Сталь	Смеси, растворы (морская вода, воздух)
15	Однородное вещество	Химически чистое железо	Простое вещество (кислород, азот)

Для одной и той же технической системы можно подобрать несколько различных структур в зависимости от выбранного физического принципа воплощения главной полезной функции. Этот выбор всегда основывается на минимизации массы синтезируемой системы, её габаритов и энергоёмкости.

**3. Организация.** Возникает одновременно со структурой системы и обеспечивает алгоритм совместного функционирования её элементов в пространстве и времени. Организация существует, когда между элементами возникают объективно закономерные, согласованные, устойчивые во времени связи. Сложность организации характеризуется числом и разнообразием элементов и связей, а также, числом уровней иерархии.

Связь - это реальный физический канал для передачи энергии, вещества или информации между элементами системы. Главное условие работы связи – «разность потенциалов» между элементами, то есть градиент, при котором возникает движущая сила, вызывающая поток энергии или вещества. К примеру, градиент температуры - это поток теплоты (теплопроводность), градиент концентрации – поток вещества (диффузия), градиент электрического поля - электрический ток, а также градиенты давления, магнитного поля, плотности и т.д.

Одно из важных свойств организации – возможность управления, то есть изменения или поддержания состояния элементов в процессе функционирования системы. Управление идет по специальным связям и представляет собой последовательность команд во времени. Управление по отклонению величины является наиболее распространенным и достоверным способом.

**4. Системные свойства.** Это появление нового качества, которого не было ни у одного из элементов до включения их в систему. Любой элемент обладает многими свойствами. Одни из этих свойств, при формировании связей складываются, другие нейтрализуются. В качестве примера приведём биметаллический эффект (рис. 17). Представим, что на некотором основании закреплены вертикально две отдельно стоящие пластины А и В из материалов с различным коэффициентом теплового расширения. При нагревании длина пластин

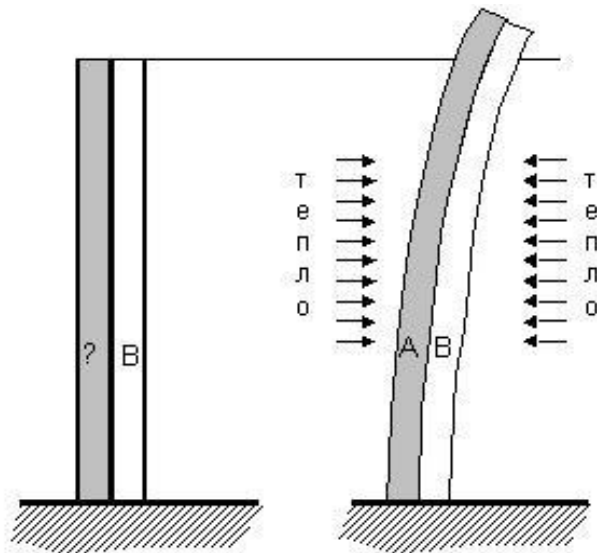


Рис. 17. Биметаллическая пластина

увеличивается. Естественно, что изменение длины для пластин будет отличаться ( $\Delta L_A > \Delta L_B$ ). Однако, никаких новых явлений при этом не обнаруживается. Стоит их только скрепить по всей длине – ввести между ними связь, появляется новое системное свойство – при нагреве такая сборная пластина изгибается.

Чтобы определить системный эффект любой технической системы можно воспользоваться простым приёмом: надо разделить систему на составные элементы и посмотреть, какое качество исчезло. Например, отдельно ни одна из автомобильных частей ездить не может, как не может выполнить свою функцию и «усечённая» система – автомобиль без двигателя, колёс или управления.

Приведённый анализ позволяет подвести все технические системы к общему знаменателю. Такая формализация заметно упрощает понимание закономерностей их развития.



## ГЛАВА 10. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО ПО ЗАКОНАМ

Творчество во все времена отождествлялось с исключительными способностями отдельных личностей. Это нашло отражение в многочисленных литературных произведениях. Персонажи гениального, но непризнанного художника или писателя, рассеянного ученого и сумасшедшего изобретателя стали легко узнаваемыми и даже приобрели оттенок некоторого штампа.

Первой ореола исключительности лишилась наука, поскольку она нацелена на открытие объективных закономерностей путём исследования реальных фактов. Отсюда, неизбежен вывод о том, получение новых научных знаний является процессом объективным, и их появление не зависит от личности того, кто их открывал. Поэтому, правильно установленные закономерности всегда идентичны, хотя и могут быть по разному выражены (одно и то же содержание в разной форме). То есть, общий путь развития науки предопределён. И человек не может его изменить, в его силах этот процесс только ускорить. А вот насколько – целиком зависит от его творческих возможностей.

Это утверждение наиболее ярко иллюстрирует один из эпизодов развития авиации. Это одна из наиболее наукоёмких отраслей высокотехнологичной техники. Во время корейской войны 1950-1953 года в небе вступили в схватку истребители нового поколения с реактивной тягой. Первым на поле боя появился советский МиГ-15, который произвёл настоящее опустошение в рядах американских самолётов с устаревшими поршневыми двигателями. Через несколько месяцев своего безраздельного владычества в небе он встретился с новейшим F-86 «Сейбр». Несмотря на то, что оба истребителя разрабатывались на разных континентах и в обстановке самой строгой секретности, специалисты были поражены схожестью обеих машин (рис.18).

Некоторые различия наблюдались в вооружении и массе, но более тяжёлый «Сейбр» компенсировал этот недостаток более высокой тягой двигателя. В остальном же, найденные независимо друг от друга, законы аэродинамики сверхзвуковых скоростей заставили конструкторов обеих стран выбрать оди-



Рис. 18. МиГ-15 и «Сейбр»

наковую стреловидность крыла, его профиль, компоновку фюзеляжа и другие параметры.

Обращаясь к строительной тематике, можно отметить удивительную схожесть жилищ кочевых народов, живших на разных материках. Они не имели возможности контактировать друг с другом и перенимать накопленный опыт. Однако, как удивительно похожи друг на друга индейский вигвам, ненецкая яранга и эскимосский чум. Коническая форма обеспечивает автоматическое удаление осадков - снега и дождя. Центральное отверстие вентилирует помещение и выводит дым от очага. Несущие конструкции очень лёгкие и быстро-разборные для удобства транспортировки. Вся разница только в материале покрытия - это шкуры тех животных, которые водились в регионе проживания: моржи, северные олени или бизоны. Немного особняком стоят казахская юрта и монгольский гэр, имеющие более сложную форму в вертикальном разрезе. Однако базовые принципы кочевого жилища присущи и ей - юрта полностью автономна, она разбирается за считанные минуты и перевозится на новое пастбище всего на паре повозок.

Это означает только одно - внешние обстоятельства предъявляли к жилищам всех кочевых народов одинаковые претензии. В результате накопленных научных знаний о свойствах различных материалов и были приняты наиболее

оптимальные технические решения (рис.19). Наука, в данном случае, экспериментами ответила на конкретные вопросы: из какого материала должно быть изготовлено, к примеру, покрытие вигвама, чтобы оно не пропускало влаги, защищало от ветра, было лёгким и прочным, свободно складывалось. Опыты показали, что лучше всего этим требованиям отвечают бизоньи шкуры. Полученные знания и легли в основу конструкции кочевого жилища. Таким же образом были определены размеры, количество и материал опорных жердей, геометрическая форма и внутреннее убранство вигвама.



Рис. 19. Вигвам и чум

На этом примере отчётливо видно диалектическое взаимодействие науки и техники. Наука добывает знания о свойствах и закономерностях окружающего мира, а техника использует эти результаты на удовлетворение потребностей человека и общества. В свою очередь, развитие техники ставит новые задачи и для науки.

Следует особо подчеркнуть, что закономерность развития науки никак не исключает творческого подхода к решению её задач. Наоборот, наибольших результатов добивается тот, кто применяет творческий подход для их решения. А решать научные задачи далеко не просто. Существует чёткая иерархия их сложности [5]. Это:

- Открывательские задачи – задачи, связанные с получением нового открытия. Методика решения этого типа задач должна отражать технику поиска новых открытий на базе существующих представлений.
- Научные задачи – задачи относящиеся к той части научного творчества, которая связана с развитием науки на базе уже существующих открытий.
- Исследовательские задачи – задачи связанные с поиском методики делания открытия, накопления, уточнения и анализа фактов, установлении взаимосвязи между всем перечисленным и философскими установками.

Все три типа задач объединяет общая технология творческого процесса, заключающаяся в преобразовании и перестройке представлений об исследуемых объектах. Источником познания объективного мира является постоянное взаимодействие между опытом и теорией. Несоответствие между представлениями, вытекающими из опыта и представлениями теории, выражается в виде противоречия. Оно является источником развития представлений, а значит и самой науки [5].

Иными словами, технология научного творчества имеет две четко выраженные компоненты. Первая – «добывание» знаний путем отражения реальной действительности и изобретение новых представлений о ней. Вторая – изобретение способов «добывания» и преобразование этих представлений.

Эти компоненты взаимно дополняют друг друга. В самом общем виде процесс научного творчества выглядит так: сначала придумывается модель исследуемого объекта (явления), отраженного в нашем сознании в виде образа, а затем её сравнивают с реальным объектом (явлением) и, при несоответствии ее реальному объекту (явлению), она преобразуется в модель, в которой устраняется это несоответствие.

Итак, наука развивается объективно и закономерно. Но, её успехи зависят творческих способностей людей, которые называют себя «учёными». На тех, кого принято называть «изобретатель» тоже лежал ореол «божественного озарения». Но, в отличие от исследователей, многие изобретатели даже и сегодня не подозревают о существовании каких-либо закономерностей в развитии тех-

ники. И только сравнительно недавно, в последние 20-30 лет среди специалистов укоренилось мнение об обратном.

Это произошло благодаря тому, что в 1946 году методикой изобретательства стал интересоваться инженер из Баку Г.С. Альтшуллер. Он изучил всю имеющуюся в то время литературу, но нашёл материалы только по психологии изобретательства, в которой исследовался метод проб и ошибок. К счастью, обнаружился очень объёмный массив информации, который можно было исследовать. Им оказался патентный фонд, в котором на тот момент было описано более миллиона изобретений, сделанных в Советском Союзе. Уже первоначальный систематический анализ показал, что существует целый ряд сильных изобретательских приёмов, которыми авторы, как правило, пользовались бессознательно. Для дальнейших масштабных исследований Г.С. Альтшуллером была создана региональная, а потом и всесоюзная группа исследователей, которые на общественных началах под его руководством провела колоссальную работу. В результате было установлено, что техника в любых отраслях развивается закономерно, причём, по одним и тем же законам. Итогом стала коллективная разработка под названием ТРИЗ – теория решения изобретательских задач, основные положения которой можно выразить так:

1. Техника развивается объективно и закономерно.
2. Эти закономерности можно познать и применять для изобретательской практики.

Системный подход при исследовании процессов развития в технике заключается в рассмотрении любого технического объекта как системы взаимосвязанных элементов, образующих единое целое. Линия развития любого технического объекта представляет собой совокупность нескольких узловых точек - технических систем, резко отличающихся друг от друга, если их сравнивать только между собой. Между узловыми точками лежит множество промежуточных технических решений - технических систем с небольшими изменениями по сравнению с предшествующим шагом развития. Системы как бы «перетекают» одна в другую, медленно эволюционируя [4]. Мелкие изменения накапливают-

ся и становятся причиной крупных качественных преобразований. Оказалось, что эти качественные преобразования однотипны и характерны для всех отраслей техники без исключения. Поэтому, их принято называть законами развития технических систем.

Закон развития технических систем - это существенное, устойчивое, повторяющееся отношение между элементами внутри системы и с внешней средой в процессе прогрессивного развития, то есть перехода системы от одного состояния к другому с целью увеличения её полезной функции.

На сегодняшний день выявлено восемь таких законов, разделённых на четыре группы:

1. Законы структурообразования, формулирующие условия возникновения структур.
2. Законы функционирования, объясняющие условия возникновения и развития связей и организации.
3. Законы развития, объясняющие движущие силы и механизмы преобразования систем через возникновение и разрешение противоречий.
4. Законы взаимодействия с другими системами и внешней средой.

Знание закономерностей развития технических систем даёт отчетливое понимание – на какой стадии развития находится та или иная система и какие целенаправленные изменения принесут максимальный эффект для увеличения её главной полезной функции. Это творчество по законам.

## ГЛАВА 11. ЗАКОН ПОЛНОТЫ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ

*Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы. Каждая техническая система должна включать четыре части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления.*

Это утверждение не является неким откровением. Ещё в первом издании советской «Детской энциклопедии» 1960 года издания приводится такая характеристика технической системы: «Машина состоит из следующих основных частей:

- а) двигателя - источника механической энергии;
- б) исполнительных (рабочих) органов, непосредственно выполняющих полезную работу;
- в) передаточных механизмов (трансмиссий), преобразующих движение, передаваемое от двигателя к рабочим органам;
- г) системы управления;
- д) остова (станины, корпуса, рамы), представляющих собой основание, на котором расположены все части машины».

Как видим, расхождение только в наличии станины или корпуса, функцию которого, при необходимости, может взять на себя любой элемент из приведённого перечня.

Этот закон анализирует процесс создания, синтеза технической системы. Из него можно сделать простой вывод: если хотя бы одна часть отсутствует, то это ещё не техническая система, а если хотя бы одна часть не работоспособна, то система не сможет выполнять свою главную полезную функцию. В графическом виде минимальный состав технической системы, обведённый пунктиром, приведён на рисунке 20.

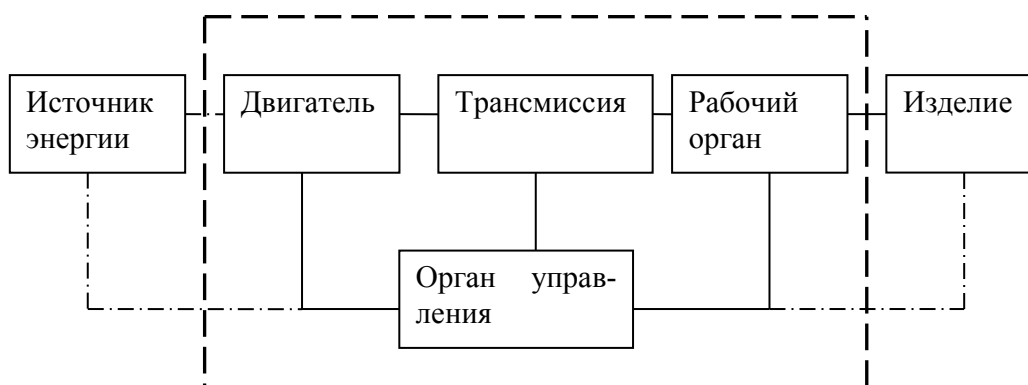


Рис. 20. Минимальный состав технической системы

Все первые технические системы развились из инструментов и других орудий труда: топора, лопаты, молотка и так далее. Когда потребовалось увеличение полезной функции рабочих процессов - человек не смог обеспечить нужную мощность. Поэтому, сила человека заменилась двигателем, появилась трансмиссия (связь, по которой передается энергия от двигателя на рабочий орган) и орудие труда превратилось в рабочий орган машины. Человек же выполнял только роль органа управления.

Например, человек и молоток = это не техническая система. Забивать гвозди или ковать железо, правда с меньшим успехом, можно и камнем. Молоток эволюционировал в техническую систему, когда у него появились необходимые для этого части. Источником энергии стал компрессор, двигателем – сжатый воздух, трансмиссией – шланг для его подачи, а рабочим органом стал боёк. Так появилась техническая система под названием пневмомолоток. Человеку осталась только функция органа управления – поднести его в нужное место и нажать на спусковой крючок.

Когда для выполнения необходимой функции энергии сжатого воздуха стало недостаточно, а компрессор со шлангом не смог обеспечить автономность устройства, появился компактный пистолет для забивания дюбелей, где источником энергии стал пороховой заряд в патроне, двигателем - энергия пороховых газов, а функцию трансмиссии взял на себя ствол пистолета. Человеку опять досталась только функция органа управления.



В этих примерах становится заметной одна из главных особенностей развития техники – вытеснение человека из сферы производства. Человек вытесняется из технической системы в орган управления. Далее, орган управления сам становится технической системой и человек вытесняется уже за её пределы - в автоматической линии гвоздевой пробивки деревянных щитов человек управляет этой операцией только составлением компьютерной программы для станка.

Знание этого закона позволяет безошибочно определить является ли данная совокупность элементов технической системой.

У этого закона есть следствие: ***чтобы техническая система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна её часть была управляемой.***

Быть управляемой - значит менять свои свойства (параметры) так, как это надо тому, кто управляет. Например, батискаф для вертикального погружения - это управляемая техническая система, поскольку с помощью балласта, сбрасываемого на дне, можно, управлять его подъемом и опусканием. Но, стоит предъявить к батискафу повышенные требования - обеспечить движение по горизонтали, как он превратится в неуправляемую техническую систему. Батискаф останется неуправляемым поплавком до тех пор, пока в него не будет введен дополнительный управляемый элемент, например, двигатель с винтом.

Закон полноты частей технической системы элементарен и очевиден. Любая техническая система должна иметь четыре части, все части должны быть работоспособными и хотя бы одна из них хорошо управляемой.

## ГЛАВА 12. ЗАКОН ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ СИСТЕМЫ

*Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.*

Этот закон, как и предыдущий, тоже относится к группе формулирования условий возникновения технических систем. Он так же прост и очевиден.

Понятно, что для работы любой технической системы необходима энергия. Она может быть как механической (шестерня, гидравлика, пневматика и т.д.) и полевой (электрический ток, магнитное поле). Если эта энергия не будет проходить сквозь всю систему, то есть «застрянет» где-то, то какая-то часть ТС не будет получать энергию, а значит не будет и работать.

Энергия, поступающая извне или вырабатываемая в двигателе, идет на обеспечение работы всех частей технической системы, на компенсацию потерь, на измерение для контроля параметров работы частей системы. Исходя из этого важно, чтобы техническая система была не только хорошим проводником энергии, но и обеспечивала бы минимальные потери энергии при преобразовании, на бесполезные отходы или унос.

К примеру, в Японии ветряки вырабатывают электрическую энергию, используемую для обогрева парников. Новый способ предусматривает превращение энергии ветра непосредственно в тепло, минуя промежуточную стадию получения электроэнергии. Ветросиловая установка вращает напрямую колесо компрессора, который сжимает воздух и, благодаря этому, нагревает его до 170 градусов. Такое прямое преобразование энергии оказалось в целых шесть раз эффективнее, чем прежний метод с использованием электричества.

При синтезе системы и её начальном развитии многие задачи сводятся к подбору наиболее эффективного вида энергии и вида её передачи. Очевидно, что надо стремиться к использованию одного вида энергии на все процессы работы и управления в системе. Самым эффективным является использование бесплатной энергии внешней среды.

*Задача 11. На крайнем Севере есть объекты большой протяжённости, например линии электропередачи. Их опоры стоят на вечной мерзлоте. В особо тёплые года основание оттаивает до критической глубины, что снижает устойчивость мачты ЛЭП и может привести к её обрушению. Сейчас этот процесс контролирует бригада, которая летает на вертолёте и определяет глубину оттаивания мерзлого грунта у каждой опоры вручную металлическим щупом. Это дорого и занимает много времени. Как быть?*

Прежде всего, ставим задачу, в которой опора сама бы подала сигнал о том, что грунт вокруг неё оттаял до критической глубины. Для этого нам нужна энергия, желательно, бесплатная. И такая энергия есть - летнее тепло. Оттаявший грунт сам передает тепловую энергию какому-то сигнализатору. Например, элементу из сплава с термомеханической памятью формы, предварительно закопанному на этой самой критической глубине. Нагревшись до нуля градусов, он изменяет свою форму и совершает необходимую механическую работу. Например, включает одноразовый передатчик, который шлёт сигнал диспетчеру (А.С. № 1339197).

**Следствие из закона: *чтобы часть системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органом управления.***

Поясним на примере. Для того, чтобы отрегулировать боковые зеркала автомобиля, водителю теперь не надо останавливаться и делать это вручную. Можно, не прекращая движения, сделать это несколькими нажатиями кнопки регулятора – зеркала стали оборудованы миниатюрными электродвигателями, задающими угол их наклона.

Для повышения главной полезной функции системы плохо управляемую энергию заменяют на хорошо управляемую по цепочке: механическая – гидравлическая – пневматическая – электрическое – электромагнитное.

*Задача 12. Боевым летчикам ударных вертолётчиков необходимо за минимальное время навести бортовое оружие на визуально обнаруженную цель и открыть огонь на поражение. Цена задержки очень велика – жизнь. Как это сделать мгновенно?*

Решаем эту задачу с точки зрения правильной энергетической проводимости. Существует ли хорошая проводимость между системой наведения оружия и пилотом? Любые механические манипуляции с рычагами и кнопками следует сразу отвергнуть – на них нет времени. Нужна мгновенная связь – увидел врага и тут же навёл. Здесь подходит только электромагнитное поле, поскольку оно быстро действует на расстоянии. Найдено остроумное решение – микропередатчик вмонтирован в шлем около глаза пилота. Для наводки достаточно посмотреть на цель, и пушки тут же синхронизируются по этому направлению. Остаётся только нажать гашетку.

*Задача 13. Двигатели бытовых приборов, по разным причинам, могут сильно нагреваться. Чрезмерный нагрев неизбежно приводит к поломке. Как быть?*

## ГЛАВА 13. ЗАКОН СОГЛАСОВАНИЯ РИТМИКИ ЧАСТЕЙ СИСТЕМЫ

*Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование (или сознательное рассогласование) частоты колебаний (периодичности работы) всех частей системы.*

Различают два вида колебаний - собственные и вынужденные. Частота собственных колебаний неотъемлемое свойство любой части системы, оно зависит только от характеристик самого объекта - размеров, массы и упругости частей в механических системах, от ёмкостных и индукционных характеристик в электрических системах. Внешние силы приводят к появлению в технической системе вынужденных колебаний.

Хорошо работают, а значит и жизнеспособны только системы, в которых вид колебаний подобран так, чтобы части системы не мешали друг другу и наилучшим образом выполняли полезную функцию.

Отсюда следует – для того, чтобы улучшить работу системы надо или согласовать колебания частей или, наоборот, рассогласовать их. Этого можно достичь простым изменением элементов – размеров, массы, частоты, то есть в систему не надо вводить ничего нового. Между тем, есть множество технических решений, в которых ритмика не согласована или согласована во вредном сочетании. Поэтому большой класс изобретательских задач связан с необходимостью наведения «законного» порядка в неправильно колеблющихся системах. К примеру.

Когда самолёт садится, видны клубы дыма - это его колеса касаются земли, происходит удар и колеса раскручиваются, пробуксовывая. При этом его шины сильно изнашиваются. Это явное несогласование ритмики колеса и посадочной полосы. Для устранения этого недостатка предложено на боковые поверхности колёс установить лопатки – встречный воздушный поток раскрутит колеса перед посадкой (патент Франции № 2 600 619). Такое согласование называется буферным – с помощью специально вводимого элемента. По этому

же принципу работает автомобильная коробка передач, согласующая параметры вращения двигателя и колёс.

Известный авиаконструктор А.Фоккер в 1915 году решил проблему стрельбы из пулемета через винт самолета, согласовав скорости вала мотора и замкового механизма пулемёта. Пули пролетали «в паузах» между двумя соседними лопастями. Это принудительное согласование, в котором ритм более производительных систем подстраивается под ритм менее производительных. Наглядным примером может служить скорость эскадры кораблей, которая равна скорости самого тихоходного судна.

Согласованию-рассогласованию подлежат любые параметры технических систем, в том числе материалы, формы и размеры, ритмика действия, структура, энергетические, информационные и другие параметры.

Одна из главных трудностей в работе на подъёмном кране – раскачивание и вибрация груза из-за порывов ветра, инерции груза при поворотах крана, неравномерность поднимания или опускания крюка. Эта низкочастотная вибрация передается через тросы на металлические конструкции крана и даже может привести к аварии. Кроме того, крановщик теряет время, дожидаясь, пока груз «успокоится», особенно, если его надо подать через узкий проем. Для рассогласования колебаний между ними над крюком крана размещают полый корпус, дно которого сферично. Внутри корпуса размещён массивный шар, который под действием колебаний перекачивается в этом углублении, смещая центр тяжести подвески и гасит вредные колебания. (А.С. № 895886).

В Японии есть уникальная деревянная пагода, которая благополучно перенесла несколько сильнейших землетрясений, в то время как прочные современные сооружения - железобетонные здания, стальные мосты разрушались под натиском стихии. Секрет этого храма решён на хорошем изобретательском уровне: внутри каждой пагоды древние строители подвешивали сверху вниз длинную деревянную балку с грузом на конце. Частоту колебаний этого своеобразного маятника подбирали такой, что во время землетрясения он раскачивался в противофазе с самой постройкой, помогая гасить колебания.

Эти примеры иллюстрируют приём самонейтрализации вредных внешних колебаний введением в систему дополнительных грузов со смещающимся центром тяжести. Применяя его на практике, в одном из нью-йоркских небоскрёбов на верхнем этаже установили скользящий противовес массой в триста тонн, который нейтрализует воздействие ветровой нагрузки и демпфирует колебания здания. В Японии реализовано более простое решение: на крыше небоскрёба установили огромный резервуар с водой. Из-за огромной массы и инерционности жидкость реагирует на сотрясения с запозданием, поэтому колебания здания нейтрализуются и, в значительной степени, гасятся.

Собственная частота колебаний - это универсальная характеристика. Практически любые изменения собственной частоты, фазы и амплитуды колебаний объекта могут служить надёжными показателями его механического состояния и физических свойств. Инструментальное изучение особенностей распространения собственных колебаний при помощи согласованной группы датчиков позволило проводить мониторинг деструктивных процессов в зданиях и сооружениях. Иначе говоря, объект, как бы «прозванивают», определяя те узлы, где связи между конструкциями ослабли или вовсе исчезли. После обработки данных, результаты обследования визуализируют и получают целостную картину здания с выделением цветом фрагментов, где этот процесс начинает принимать угрожающий характер. На рисунке 18 приведены итоги исследования здания проектного института «Красноярскгражданпроект». Оттенками красного цвета отмечены места ослабления связей между строительными конструкциями.

Этим же способом было проанализировано техническое состояние коммунального моста в городе Красноярске, известного всей стране по изображению на десятирублёвой купюре. На рисунке 19 отчётливо видно, что наибольшие проблемы у этого сооружения локализованы на левобережном съезде.

Подобный метод неразрушающего контроля позволяет в течение небольшого времени получить объективную информацию об инженерном состоянии конструкций объекта и связей между ними. Владея ею, можно оперативно и точно заняться глубоким исследованием выявленных дефектов и их устранением.

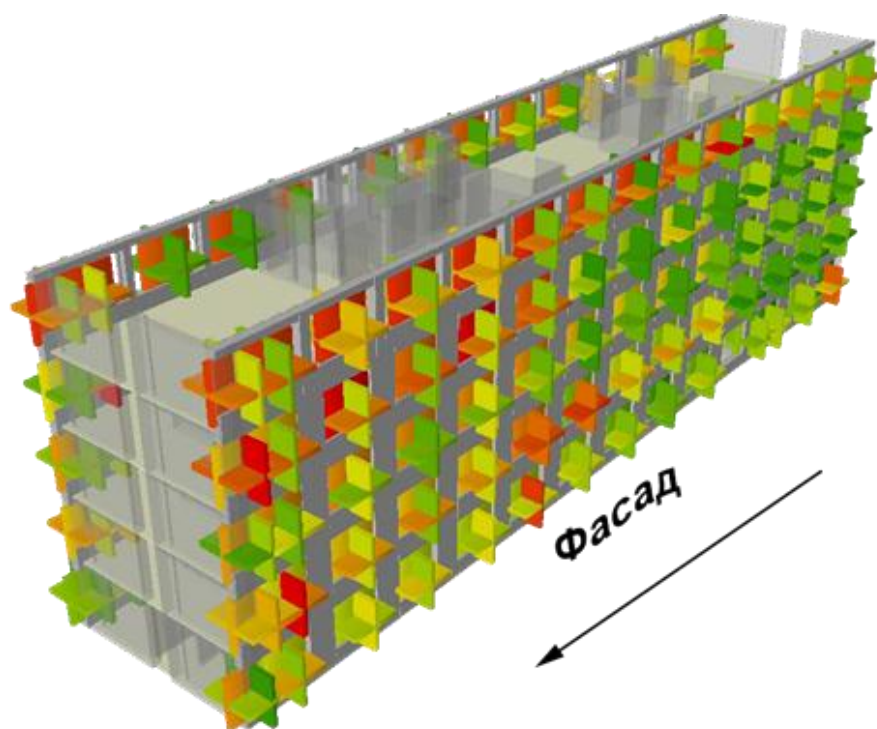


Рис. 18. Панельное здание

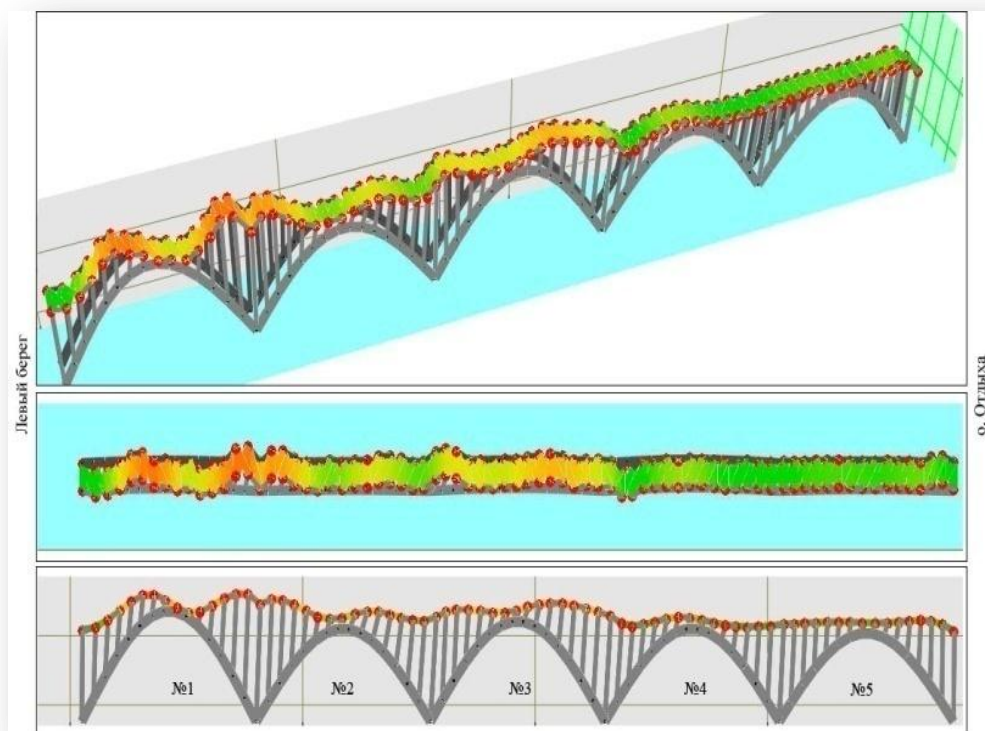


Рис. 19. Коммунальный мост



Использование колебаний для измерения технических параметров широко применяется в самых разных областях техники. Давно известен способ медицинской диагностики – простукивание грудной клетки человека. На похожем принципе основан универсальный способ измерения объема любых сыпучих или жидких материалов в ёмкости по объёму воздуха над ними. Достаточно озвучить ёмкость, измерить частоту звучания воздуха и по этой характеристике определить объём воздуха, а значит, и объём материала (А.С. № 321687, № 507781).

Целостность забиваемой сваи определяют по изменению колебаний грунта (А.С. № 628237), а по спектру шума, издаваемого специальной «денежной» бумагой предложено даже определять подлинность банкнот.

Когда частота внешних силовых воздействий совпадает с собственной частотой колебаний технической системы - возникает хорошо знакомое явление резонанса.

*Задача 14. Дисковые пилы так сильно шумят во время работы, что персоналу рекомендуется надевать специальные звукопоглощающие наушники. Как быть?*

Дисковая пила визжит потому, что её зубья расположены через равные промежутки, и ударные волны складываются в сильные резонансные колебания. Для разрушения резонанса достаточно сделать зубья с разной величиной, шагом или отгибом от плоскости резания. Отсюда следует, что предотвратить или нейтрализовать вредное действие резонанса можно рассогласованием собственной частоты системы.

Одним из наиболее разрушительных стихийных бедствий было землетрясение в Мехико 1985 года. Как установили эксперты, возникшие во время землетрясения колебания случайно совпали с собственными колебаниями почвы под многими частями города, а также с собственными колебаниями многих зданий. Чрезвычайная длительность землетрясения способствовала развитию резонансных явлений, которые и привели к разрушению зданий. Резонанс уси-

лил вредное воздействие в шесть раз, что превысило предел устойчивости зданий, даже сейсмостойких. И это почти независимо от того, были ли разрушенные здания старой постройки или новые. Главной причиной разрушения зданий, в большинстве случаев, была частота их собственных колебаний. Отсюда практический вывод: при строительстве новых зданий в сейсмической зоне следует неуклонно следить за тем, чтобы собственные колебания зданий не совпадали с собственными колебаниями грунта – рассогласовать их частоты. Например, ставить демпферы с функцией регулировки частоты их колебаний.

Резонанс особенно опасен в системах с многими вращающимися частями. В таких системах он может возникнуть самопроизвольно за счет явления синхронизации вращающихся тел. Это документально подтверждено Открытием № 333 в 1987 г. с формулировкой: все системы с вращающимися телами стремятся к самоорганизации, стараются выбрать один ритм, работать синхронно.

Например, на одной из ткацких фабрик столкнулись с необъяснимыми авариями - станки часто ломались, просто рассыпались на составные части. Анализ системы показал, что причина поломок заключалась в самосинхронизации – двигатели ткацких станков подстраивались друг под друга, машины входили в резонанс и разрушали сами себя. Решение было простым – на станки установили двигатели разных типов, убрав почву для возникновения резонанса.

Впрочем, явление резонанса можно использовать и для выполнения полезной функции. Например: способ резки стекла путем нанесения надреза на его поверхность и сообщения стеклу акустических колебаний с частотой равной частоте собственных колебаний стекла. Иначе говоря, вместо ненадежного постукивания по обратной стороне надреза предложено озвучивать стекло, которое оно само раскалывается по намеченной линии (А.С. № 996347).

На использовании резонанса предложено самое простое и эффективное устройство для оповещения о приближающемся поезде. Оно представляет собой: корпус, стерженёк, мембрану и резонатор (рупор). Корпус закрепляется на рельсе и устройство во много раз усиливает его гудение (А.С. № 1175778).

Наиболее эффективным способом нейтрализации двух вредных действий, внешних или внешнего и внутреннего, заключается в замыкании их друг на друга и взаимоуничтожение. Впрочем, одновременное наличие двух вредных действий в технических системах довольно редкое явление. Чаще требуется искусственное введение второго действия.

К примеру, вибрацию, возникающую в фундаменте при работе технологических установок, предложено нейтрализовать с помощью возбуждаемых в фундаменте противофазных колебаний специальной автоматической системой (А.С. № 589482).

Звук - это тоже колебания. Акустическое воздействие, зачастую, бывает очень вредным для человека. Поэтому в городах ведётся борьба с шумовым загрязнением окружающей среды - либо ликвидацией источников шума, либо пассивным шумоподавлением (поглощающие перегородки, отражающие стены, звукоизоляция). К этим стандартным способом добавился новый - активная шумоизоляция.

Например, расположенная недалеко от Кембриджа газокompрессорная станция доставляла множество неприятностей окрестным жителям. Чтобы подавить низкочастотные шумы, исходившие от неё во всех направлениях, учёные из Кембриджского исследовательского центра разместили вокруг её выходной трубы 72 мощных динамика. Компьютер записывает шумы газовой струи, сдвигает их по фазе на 180 градусов и подает с нужной амплитудой на динамики.

Эффект оказался поразительным: сталкивающиеся в противофазе звуковые волны подавили друг друга, и после включения динамиков в окрестностях станции воцарилась почти полная тишина. При этом, стоимость акустической антишумовой системы оказалась вдвое ниже, чем стоимость традиционных устройств для глушения шума.

В Англии уже серийно выпущен бесшумный вентилятор со встроенными микрофоном и громкоговорителем: шум мотора и лопастей улавливается мик-

рофоном, преобразуется электронным блоком в звук с противоположной фазой, воспроизводится громкоговорителем и шум полностью нейтрализуется.

Сам человек тоже является системой с собственной частотой колебаний - многие органы человеческого тела имеют довольно низкие резонансные частоты: голова 20-30 Гц, вестибулярный аппарат 0,5-13 Гц, руки 2-5 Гц, а сердце, позвоночник, почки имеют общую настройку на частоту около 6 Гц.

На использовании этих частот было разработано несколько видов акустического оружия против человека. Во Франции изобретен свисток для разгона демонстраций. «Во время испытания его модели, – писала одна из французских газет, - люди в пятимильной зоне чувствовали во всем теле сильную болезненную вибрацию». В США созданы инфразвуковые пушки, которые создают в атмосфере акустические волны, способные повредить зрение, вызвать тошноту, страх.

Впрочем, есть и более гуманистические последствия использования частот колебания органов человеческого тела. Летом 1932 года, на палубе ледокола «Таймыр» проводились запуски метеорологических шаров (зондов). Готовясь к одному из них, аэролог случайно коснулся лицом оболочки шара и ... отпрянул, вскрикнув от острой боли в ушах. Пытаясь объяснить этот факт, будущий академик В.В. Шулейкин пришёл к выводу, что оболочка шара, надутого водородом, послужила своеобразным резонатором, усиливавшим звуковые колебания частотой 6-12 Гц. Они-то и вызвали боль в ушах. Откуда же взялись колебания? Источником звука столь низкой частоты был, как оказалось, шторм, бушевавший за сотни миль от «Таймыра». Это открытие позволило создать прибор для предсказания ураганов.

*Задача 15. При сильном ветре провода линии электропередачи раскачиваются и, если с их колебаниями совпадут с порывами ветра, то возможен обрыв проводов. Как быть?*

## ГЛАВА 14. ЗАКОН ДИНАМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Жёсткие системы для повышения их эффективности должны становиться динамичными, то есть переходить к более гибкой, быстро меняющейся структуре и к режиму работы, подстраивающемуся под изменения внешней среды.*

Все технические системы «рождаются» жёсткими. Чем прочнее связи между её элементами - тем эффективнее система выполняет свою функцию. И пока к системе нет претензий внешней среды – она остаётся неизменной. Но стоит измениться потребностям человека - к техническим системам начинают предъявляться изменённые требования, и её изменяют, т.е. динамизируют.

**Динамизация** - это приспособление (адаптация) системы к меняющейся взаимодействующей с ней окружающей среде через «ломку» структуры системы, её элементов.

В понимании главного смысла динамизации лежат фундаментальные принципы организации природных процессов: если на систему, находящуюся в равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий (температуру, давление, концентрацию), то равновесие смещается таким образом, чтобы уменьшить изменение. То же самое происходит и в технике, но только с помощью человека. Именно он изменяет техническую систему так, чтобы уйти от вредных воздействий природных факторов или собственных потребностей.

Исследования патентного фонда показали, что динамизация происходит по следующей цепочке: **один шарнир – много шарниров – гибкое вещество – жидкость - газ; иногда динамизация заканчивается заменой вещественной связи полевой.**

Поясним на примере. Всем знакома техническая система под названием «линейка». Её функция заключается в сравнении размеров объекта с эталонными значениями, нанесёнными на неё. Когда размеры линейки вступают в проти-

воречие с удобством её переноса - вводится шарнир, который позволяет её складывать пополам. Так выглядит обычная геодезическая линейка. Введение нескольких шарниров позволяет разделить метровую линейку, например, на десять складных секций и легко переносить в нагрудном кармане. С появлением потребности измерять значительные расстояния её свернули в рулетку. Для обмеров сложных криволинейных поверхностей она стала гибкой, а закончили динамизацию лазерной линейкой, где функцию измерения взял на себя лазерный луч (рис. 20).



Рис. 20. Эволюция линейки

При появлении потребности измерять углы – появился транспортир, точные замеры стали возможными с изобретение штангенциркуля и микрометра, курвиметр позволил определять длины сложных кривых, а с добавлением воздушного пузырька, заключённого в капсулу с жидкостью стало просто одновременно с длиной измерять и уровень наклона к заданной поверхности.

Приведённая цепочка динамизации отражают лишь наиболее характерные этапы изменений в технических системах. Вовсе не обязательным является прохождение системы через все этапы, и не все системы должны прийти в своем развитии до её конца.

Использование в изобретательской практике закона динамизации (как и всех других законов) предельно упрощает не только процесс решения, но и поиск задач. Если мы знаем, что любая ТС проходит стадии динамизации, то нужно определить на каком этапе она в данный момент находится и сделать следующий шаг. Единственная трудность - определение «больного» места в ТС. Для этого нужно знать простое правило: динамизируется в первую очередь та часть системы, которая испытывает наибольшие претензии внешней среды.

Там, где техническая система разрушается под влиянием каких-либо воздействий или жёсткая связь мешает ей приспособиться к новым условиям, нужно заранее как бы «разломать» систему в этом месте и соединить разрушенные части подвижными связями.

К примеру, в сейсмических районах есть опасность разрушения конструкции от поперечных волн. Увеличение жёсткости за счет антисейсмических поясов не решает до конца эту проблему. С позиции этапа динамизации систем, здание на уровне фундамента, т.е. там, где оно испытывает наибольшее воздействие от землетрясения, нужно заранее «сломать». Необходимо отсоединить фундамент от остальной части здания и установить там подвижные связи, которые не будут передавать колебания верхней части здания – разрушения не произойдет. Решение - сейсмостойкий дом на конусных шарнирах между каркасом здания и сваями (А.С. № 497381). В этом же ряду находятся и многочисленные конструкции с введением между сооружением и фундаментом гибких связей – демпферов, которые гасят сейсмические колебания.

Необходимость облегчения транспортировки приводит к появлению складывающихся блок-секций (рис. 21), которые могут быть перевезены в кузове автомобиля, а при монтаже автоматически раскрываются при подъёме краном [10]. Повышение требований к компактности в транспортном положении и быстрого возведения определили появление зданий из гибких материалов – палаток и надувных сооружений, как например, мобильные госпитали МЧС.

Далее, в логике динамизации закономерен переход к зданиям-трансформерам, меняющим свою структуру в зависимости от назначения здания.



Рис. 21. Динамичная блок-секция

К примеру, стадион, где футбольное поле может быть быстро заменено на эстрадную площадку или бассейн. И, наконец - переход к саморазвитию зданий во времени и пространстве по заданным программам. Такие проекты уже разрабатываются архитекторами и конструкторами.

Обратимся к самой известной строительной технике – подъёмному крану. В самой распространённой конструкции он уже снабжён шарниром для подъёма и опускания стрелы. Далее, пришёл черёд телескопической выдвигной стрелы, сначала с механическим тросовым приводом, а затем и с гидравлическим. На этом его динамизация не закончилась. Даже самый современный кран с телескопической стрелой и гидравлическим управлением не может «заглянуть» в проём строящегося здания или взять груз из какого-нибудь строительного закоулка. Эта ущербность будет сохраняться у кранов до тех пор, пока стрела не станет гибкой, как лебединая шея.

Такая стрела изобретена: она состоит из шарнирно сочленённых элементов стальных дисков с постепенно убывающим диаметром. Стрела похожа на трубку от противогаза, а диски, находящиеся внутри, составляют упругий каркас, придающий стреле необходимую устойчивость. Каждый диск жестко со-



единен по всему периметру с эластичными стенками стрелы. Диски у противоположных стенок пронизаны стальными канатами. Если тянуть то за один канат, то за другой (для этого на поворотной платформе крана имеются гидроцилиндры и соответствующие механизмы), стрела будет изгибаться самым причудливым образом. Захват с грузом на такой стреле может проникнуть не только в окно, но даже в подвал строящегося дома. Конечно, такие задачи приходится решать довольно редко, поэтому подобный кран относится к категории специальной строительной техники.

Динамизируется не только стрела, но и другие подсистемы - во Франции выпускается строительный кран с передвигающейся вверх-вниз кабиной для расширения поля зрения крановщика во время выполнения разных операций.

Казалось бы, что может быть жёстче сваи. Но, и там происходит динамизация – для повышения несущей способности ствол сваи выполнен в виде сердечника и двух швеллеров, соединенных шарнирно. При погружении в грунт, она раскрывается как цветок (А.С. № 609828) и способна нести увеличенную нагрузку.

Для определения объективного места технической системы в цепочке динамизации был разработан рациональный алгоритм динамизации [7], приведённый на рисунке 22.

Многоэтажность и многоуровневость технических систем заставляют искать наиболее эффективные пути их динамизации. Понятно, что этот процесс на разных уровнях должен иметь свои особенности. Сначала динамизируется структура системы, а когда эти возможности исчерпываются, происходит переход к динамизации вещества - кристаллической решётки, доменов, молекул. В приведённом алгоритме, как в ДНК, записано какой быть системе в том или ином «возрасте», что дает возможность понимать, какие следующие шаги необходимо сделать для дальнейшего развития системы.

Динамизация ТС, как диалектический процесс отражает всю гамму противоречий, возникающих при воздействии на них меняющихся условий,



Рис. 22. Рациональный алгоритм динамизации

«претензий» окружающей среды. Поэтому обратный процесс - антидинамизация, то есть введение жёстких связей не противоречит закону динамизации, а отражает диалектический характер развития технических систем. Аналогично и в живой природе: одревенение молодых побегов, превращение хрящей в кости и т.д. Антидинамизация преобладает в тех случаях, когда воздействие каких-либо меняющихся условий вызывает необходимость уменьшения или ликвидации подвижности систем. Это - введение рёбер жесткости в объёмные конструкции, устройство растяжек для высоких мачт, усиление каркасов и так далее.

Понимание того, что и в природе и в технике каждое явление имеет свою противоположность: динамизация может меняться антидинамизацией, порядок - беспорядком, беспорядок - самоорганизацией (синергетикой) и прочее, позволяет сформировать правильное понимание необходимых изменений для решения научно-технических задач.

## ГЛАВА 15. ЗАКОН НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ

*Развитие частей системы идет неравномерно: чем сложнее система, тем неравномернее развитие её частей.*

Любые системы развиваются неравномерно. Это в равной степени относится, как к природным объектам, так и к искусственным. Неравномерно развиваются галактики, планеты, страны, народы, хоккейные клубы, человеческий интеллект, животные и растения. Это утверждение справедливо и для технических систем.

Очевидно, что чем острее какая-то потребность человека - тем больше ресурсов сосредоточено для её удовлетворения. Чем нужнее увеличение полезной функции технической системы - тем больше усилий будет направлено на её развитие. Достаточно вспомнить какими невероятными темпами развивалась военная техника в эпоху мировых войн или космонавтика в годы «холодной» войны.

Подобная неравномерность позволяет переносить технические решения, полученные в результате использования новых научных знаний из передовых отраслей техники в более отсталые. К примеру, аэродинамические формы, найденные в авиации нашли применение в скоростных поездах и гоночных автомобилях. Новые материалы и технологии, разработанные для космической техники, широко внедряются в повседневный быт человека.

Подобный характер развития справедлив и для отдельных технических систем. Анализ работы любой реальной ТС обычно показывает, что одни её части работают хорошо, другие - хуже, третьи, возможно, - совсем плохо. Неодинаковость их работы является причиной возникновения технических и физических противоречий, и, следовательно, изобретательских задач. Изменение в одной части системы приводят к цепной реакции технических решений - рано или поздно происходят изменения во всех её частях.

Механизм возникновения неравномерности таков:

- ✓ возникает потребность в увеличении главной полезной функции технической системы, например, скорость самолёта;
- ✓ для её увеличения требуется усилить (выделить) какое-то свойство элемента - для увеличения скорости самолёта повышают мощность двигателя;
- ✓ при усилении одних свойств элемента нарушается взаимодействие (согласованность) с другими элементами, возникает противоречие - новый мощный двигатель обладает увеличенной массой и большими габаритами, прирост массы и лобового сопротивления «съедает» прирост скорости.

Противоречие разрешается изменением смежных подсистем, появлением новых элементов или качественным скачком - переходом на новый физический принцип. Когда в поршневых самолетах были исчерпаны ресурсы развития - убогающиеся шасси, «вылизанная аэродинамика», применение лёгких конструктивных материалов, произошла замена двигателя на турбовинтовые и реактивные.

Как правило, очередной этап развития технической системы начинается с изменения рабочего органа, который и выполняет главную полезную функцию системы. Об этом говорит и статистика - например, в общей массе патентов на штамповочное оборудование уверенно доминирует группа технических решений, касающихся формующей пары «пуансон-матрица».

Закон неравномерности развития частей системы не является прикладным. Он не инструментален, а носит, в основном декларативный характер. Знание особенностей развития технических систем позволяет глубже понять механизмы внутренних преобразований и более эффективно разрешать возникающие противоречия.

## ГЛАВА 16. ЗАКОН ПЕРЕХОДА С МАКРО- НА МИКРОУРОВЕНЬ

*Развитие рабочих органов идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.*

Без использования специальной терминологии, это означает следующее - вместо колёс, валов, шестеренок должны работать молекулы, атомы, ионы, электроны и т.д., которые легко управляются полями с помощью физико-химических эффектов.

Понятие «поле» имеет в изобретательстве более широкий смысл: кроме четырёх полей, «узаконенных» в физике (электромагнитное, гравитационное, поля сильных и слабых взаимодействий), техническая система может включать в себя «поля» тепловые и механические. В сущности, «поле» - это энергия, прикладываемая к инструменту или изделию для выполнения полезной работы.

Поясним на примере. Многим знакомы кадры кинохроники тридцатых годов прошлого века, сделанных на строительстве ДнепроГЭС. На них десятки рабочих, взявшись за руки топают сапогами по поверхности бетонной кладки, уплотняя её. На смену этим вынужденным пляскам пришли устройства для поверхностного трамбования бетона. Это приложение механических усилий, то есть - механическое поле. От часто повторяющихся ударов трамбовки бетонная смесь может легко вытекать из-под штампа или разбрызгиваться. Трамбовки заменили вибраторами, поверхностными, погружными или установленными на опалубку. Механическое поле стало более управляемым - появилась возможность регулировать частоту и амплитуду колебаний. Для более точного воздействия на вещество бетона закономерен переход к ультразвуку - на пьезокерамические излучатели, вмонтированные в щитах опалубки, подается напряжение с генератора ультразвуковых колебаний. Такое воздействие можно назвать ультразвуковым полем, которое обеспечивает наилучшее уплотнение свежееуложенного бетона.

Макро-уровень – условное понятие, отражающее особенности мышления человека. Это первый «слой» восприятия окружающего мира, который всегда

связан с предметами соизмеримыми с ним, непосредственно ощущаемыми свойствами этих предметов. Другие «слои» мира (как выше, так и ниже человеческого) скрыты, остаются за гранью непосредственного восприятия. Нужен определенный запас знаний, тренировка, некоторые приемы воображения, чтобы расширить видение реального мира. Это один из глубинных видов психологической инерции и с его преодоления начинается элементарная культура изобретательского творчества.

Закон действует на всей линии жизни технической системы, основной смысл существования которой заключается в увеличении её главной полезной функции. На начальных этапах развития это достаточно просто осуществимо на макро-уровне за счёт увеличения размеров и мощности действия рабочих органов систем и других её элементов. Например, размеры ковшей экскаваторов росли стремительно: с сороковых годов прошлого века до пятидесятых объём ковша карьерного драглайна вырос с 3 до 25 кубометров, а в 1975 году появилась машина с ковшом в 100 кубических метров. Физический предел массы, габаритов и энергоёмкости был достигнут. Дальнейшее развитие пошло по пути дробления рабочего органа. Сначала, на макроуровне – роторные экскаваторы, где вместо одного большого ковша применялся вращающийся ротор из нескольких маленьких ковшей. А потом и на микроуровне – большие и громоздкие экскаваторы были заменены на гидромониторы, где рабочий орган был раздроблён на капли воды, вылетающие из сопла под огромным давлением.

Переход на микро-уровень неизбежен: начинается задействование всё более глубинных структур вещества, высвобождение при этом дополнительных резервов энергии, выявление и использование новых (неизвестных на макроуровне) свойств материи, применение более управляемых полей и легкоуправляемых микрочастиц вещества.

Переход на микро-уровень начинается обычно с дифференциации свойств, зон и функций материала рабочего органа технической системы. Дифференциация свойств и функций приводит к разделению (расслоению, расчленению) вещества, сплошное вещество заменяется на слоистое - волокнистое -

дисперсное. При этом, отдельные части (слои, волокна, частицы), для совместной работы в составе рабочего органа, объединяются так, чтобы усиливались полезные функции и ослаблялись вредные. Таким образом, возникающие в процессе развития материалов технической системы противоречия разрешаются переходом на микро-уровень.

Возможны три направления перехода с макро- на микро-уровень.

✓ *Увеличение степени дробления вещества и объединение дробных частей в новую систему.*

Поясним на примере. Ещё в древности кто-то построил первый саманный дом, смешав солому с глиной - получилось относительно прочное сооружение. В древнем Вавилоне соединили глину с тростником, а в Древней Греции вставляли медные прутья в мраморные колонны. Это можно отнести к армированию на макроуровне. Современные материалы - волокнистые стеклопластики, углепластики, фибробетон и другие армируются уже на микроуровне. В качестве микроарматуры выступают природные и искусственные волокнистые материалы минимальных геометрических размеров. Однако их совокупная работа позволяет обеспечивать заявленные параметры прочности.

Ещё одна иллюстрация - эволюция фильтров для водо- и газоочистки. Главная полезная функция - очистка пропускаемой через себя среды. Изначально фильтровальные элементы изготавливались из материалов, имеющих натуральную основу - хлопка, шерсти и целлюлозы. Первыми появились тканевые материалы, размеры отверстий которых позволяли задерживать крупные частицы от полумиллиметра. Из нетканых материалов, главным образом, применялся войлок. Однако, из-за малой разрывной прочности и низкой проницаемости его использование ограничивалось. С развитием технологий появились сетчатые фильтры, площадь ячеек которых определялась толщиной проволоки или нити.

Первым шагом в переходе на микроуровень стало уменьшение диаметра полимерных нитей для тканей и сеток. В практику уже входят волокна диамет-

ром в 200 нанометров. Однако, наибольших результатов позволили достигнуть мембраны, мельчайшие отверстия которых позволяют пропускать молекулы строго определённого размера. Это означает, что фильтрация происходит на молекулярном уровне. Применение нанометрических технологий позволяет заранее задавать необходимые параметры ячеек для определённых групп молекул. Набор таких фильтров переходит в разряд современных сменных картриджей, свойства которых легко задавать сменой составных частей.

✓ *Увеличение степени дробления «смеси» вещества с пустотой (переход к капиллярно-пористым материалам).*

Эволюция вещества автомобильных шин: шина из сплошного вещества (каучук) - шина с воздушной полостью (камерой) - многокамерная шина (полость разделена перегородками) - макропористые шины - шины из капиллярно-пористого материала - шины с полостью заполненной пористыми полимерными частицами и гелеобразным веществом (патент РФ № 908243).

Тенденция «дробления» пустоты хорошо видна на истории развития способов подъема затонувших кораблей (Гора Джозеф Н. Подъем затонувших кораблей. Л.: Судостроение, 1985).

Первоначально использовался механический способ - на затонувшем корабле закрепляли канаты и поднимали его на поверхность. Имелось существенное ограничение по массе корабля и грузоподъёмности плавучих кранов. Добавочную подъёмную силу добавили газы – воздух, или, иначе говоря, пустота.

В дальнейшем стали использовать понтоны: их затопляли, прикрепляли к судну по обоим бортам и продували сжатым воздухом. Основной недостаток: огромные трудности закрепления понтонов на больших глубинах. Разновидностью «пontonного» способа был метод использования плавучести самого корабля: проводилась тщательная герметизация судна (заделка всех отверстий) и продувка сжатым воздухом.

Чтобы не герметизировать судно (т.е. не изготовливать одну большую полость), хорошо было бы использовать много маленьких полостей - так воз-



ника обсуждаемая идея заполнения полостей корабля шариками для пинг-понга. Но, простой расчет показал, что такие шарики лопнули бы уже на глубине пяти метров.

Самое простое «дробление» пустоты - это образование пены. На спасательном судне установили две ёмкости с компонентами пенополиуретана и вспенивающим веществом с низкой температурой кипения. На дне закрепили смесительную ёмкость, откуда готовая смесь под давлением выбрасывалась в полости корабля. При выходе резко падало давление, вспенивающее вещество мгновенно испарялось, образовывалась газо-полиуретановая масса, которая через несколько минут масса затвердевала. Пена автоматически закупоривала небольшие отверстия (пробоины) и иллюминаторы затонувшего судна. Одно плохо: для очистки помещений затвердевший пенополиуретан приходилось вырубать, т.е. дробить. Поэтому еще более эффективный и удобный в применении способ использования пены – её предварительное дробление (превращение в гранулы).

Следующим этапом стало использование шариков размером с горошину из вспененного полистирола, состоявшими на 98% из воздуха и всего на 2% из самой пластмассы. Помимо того, что шарики совершенно не впитывали воду, они, в отличие от сжатого воздуха равномерно давившего во всех направлениях, создавали усилие, направленное только вверх. Шарики закачали по шлангам, в смеси с водой, в корпус затонувшего траулера, где они уменьшили вес судна настолько, что его легко подняли на поверхность (патент ФРГ № 1247893). Удаление гранул из поднятого судна осуществлялось обычными насосами для разгрузки зерна

Итак, развитие способов подъема затонувших кораблей шло путем последовательного использования: сплошного тела (подъем затопленного судна тросами без вытеснения воды из внутренних отсеков судна) - больших полостей (понтон) – множества маленьких полостей (твёрдая пена) - дробленой пены - шариков, гранул из вспененного пластика.

✓ Замена вещественной части системы на полевую (переход к действию «поле плюс вещество» или только к полю). Если в системе нет веществ - источников полей, то необходимо использовать внешнее поле, имеющееся во внешней среде или специально введенное.

Очищать поверхности от загрязнения можно скребком, но процесс пойдёт эффективнее если заменить рабочий орган на поле - ультразвук. Так, к примеру, освобождают корпус корабля от полипов. Вблизи аэродромов птиц распугивали дрессированным ястребом. Оказалось, что для этой цели можно использовать акустическое поле - через динамики транслировались крики хищных птиц. В древнем Китае, чтобы попасть к императору, надо было пройти через арку, выполненную из чёрного камня «чу-ши». Она безошибочно сама определяла лазутчика со спрятанным под одеждой оружием, притягивая его к стенке. Секрет прост - загадочный чёрный камень являлся обыкновенным магнитным железняком. Работу стражников по поголовному обыскиванию визитёров заменило магнитное поле.

## ГЛАВА 17. ЗАКОН ПЕРЕХОДА В НАДСИСТЕМУ

*Развитие системы, достигшей своего предела, может быть продолжено на уровне надсистемы.*

Самым ярким примером перехода в надсистему является появление цифровых технологий и беспроводной системы передачи информации. Появление мобильного телефона «убило» телефонные станции, переговорные пункты и телеграф. Все эти функции взяла на себя единая глобальная информационная сеть. С появлением смартфона пострадали библиотеки, фонотеки и фильмотеки – любые книги, музыкальные произведения и фильмы стали доступны в виртуальном пространстве для моментального использования. Это один из способов реализации одного из законов развития технических систем – закона перехода в надсистему, когда система не нужна, поскольку её функцию выполняет надсистема (рис. 23).



Рис. 23. Закон перехода в надсистему

Другой линией является объединение систем. Две системы, которые конструктивно и функционально объединены в одну принято называть би-системой. Если их несколько - образуется так называемая поли-система. При образовании би- и поли-систем происходят качественные изменения по трём параметрам: свойства, связи, внутренняя среда. В этом и состоит главный смысл применения перехода моно-би-поли – количественные изменения (объединение систем) оправданы только в случае появления новых качеств.

Поясним на примерах. Лёгкое судно склонно к опрокидыванию. Чтобы этого избежать - берут две лодки и жёстко соединяют их между собой. В результате получается катамаран - двойной корабль, или би-система. Появилось новое качество, которого не было ранее – увеличенная остойчивость объединённого судна. Другая наглядная иллюстрация - в рукопашных схватках с применением холодного оружия самым незащищённым участком тела воинов была спина. Но, когда два бойца вставали спиной друг к другу - эти вредные качества взаимоуничтожались. В абордажных боях это было излюбленным приёмом морских пиратов - спиной к спине у мачты.

Системное свойство может появиться из сочетания (содействия) ранее незаметных или нейтральных свойств элементов, тогда его появление становится еще более неожиданным. Интересный пример приведён в [4]: «Представьте, что вам понадобилось перегородить мелкий ручеек с помощью валяющихся рядом кирпичей. Лежащие перед вами кирпичи - это «куча», пока еще не система. Вот, вы поставили один кирпич на длинную грань поперек ручейка, ручеек начал обтекать кирпич с двух сторон - эти короткие грани кирпича и есть те самые вредные («плохие», ненужные вам сейчас) свойства. Чтобы «уничтожить» эти свойства, вы приставляете с двух сторон ещё по кирпичу и «вредные» грани исчезли! Только что у трех кирпичей было шесть коротких граней и вдруг стало только две, а четыре остальных взаимно нейтрализовались, при этом полезное свойство (перегораживать поток) усилилось, т.к. нужные для нас свойства сложились вместе.»

Объединяться могут не только одинаковые (однородные) системы, но и системы со сдвинутыми (чуть отличающимися) характеристиками, а также разнородные (с разными функциями) и инверсные (с противоположными функциями). Общая схема развития технических систем по линии "моно-би-поли" разработана на анализе большого массива технической информации и приведена на рисунке 24.

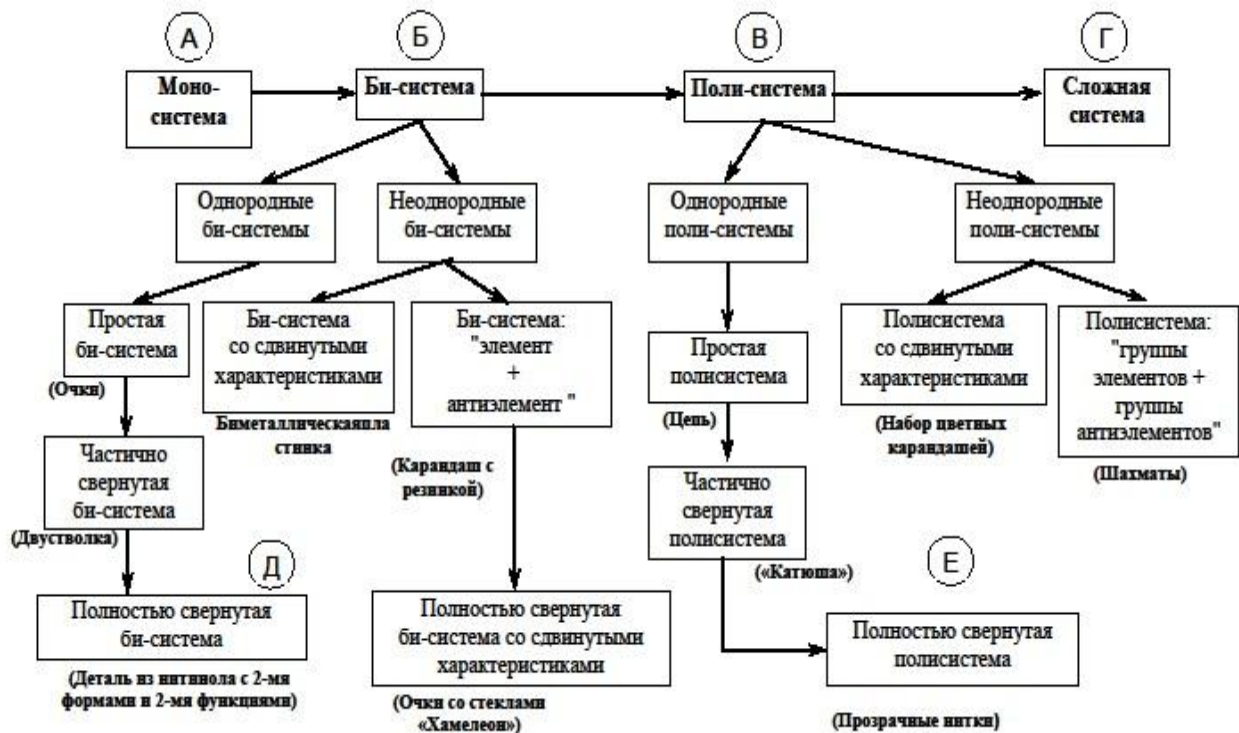


Рис. 24. Общая схема развития технических систем по линии «моно-би-поли»

Примерами однородной би-системы могут служить очки - две жёстко соединённые линзы, или ножницы, с двумя шарнирно соединёнными ножами, поскольку они состоят из двух одинаковых элементов. Если эти элементы разные, система считается неоднородной. К такому типу можно отнести строительный раствор состоящий из цемента и песка, где оба компонента выполняют разные функции, но вместе обладают совершенно новым качеством искусственного камня, для появления которого нужен «спусковой крючок» в виде воды для запуска процесса объединения.

Рассмотрим би-систему двуствольное ружьё. В ней присутствуют попарно основные подсистемы - стволы, спусковые крючки. Но приклад и механизмы заряжания и экстракции гильз общие, они выполняют свою функцию сразу на оба ствола. Такие системы называются частично свёрнутыми. Если в таком ружье один ствол будет нарезным для стрельбы пулями, а другой гладкоствольным для стрельбы дробью, то такая система переходит в разряд би-систем со сдвинутыми характеристиками. Такой же частично свёрнутой би-системой является и парусный катамаран, у которого один парус на две лодки.

Обычный железобетон - это би-система на уровне вещества с инверсными (противоположными) характеристиками. Стальная арматура хорошо работает на растяжение, бетон - на сжатие, т.е. положительные свойства дополняют друг друга, отрицательные же свойства взаимно компенсируются - бетон защищает сталь от коррозии, а сталь не дает рассыпаться бетону.

Полностью свёрнутой считается такая би-система, где один из объединённых элементов (или вещество) полностью берёт на себя функцию технической системы. Например, в противопожарном автономном модуле применён силовой элемент из сплава с памятью формы, который при повышении температуры в помещении открывает ёмкость, в которой под давлением находится смесь для тушения. Такой элемент одновременно является и датчиком и исполнительным устройством.

В некоторых случаях би-системы получаются путём не объединения двух систем, а наоборот - моно-система под влиянием внешних факторов делится на две сопряжённые связью. Исторический факт: колёсный пароход «Геркулес» вёз товары из Астрахани в Нижний Новгород на ярмарку. В пути лопнул главный вал, на который работали два цилиндра паровой машины. Положение создалось критическое: хозяину груза грозило разорение. Крестьянин Фёдор Блинов нашёл остроумное решение - он предложил место излома зачистить и поставить подшипник. В результате каждый из двух цилиндров машины стал самостоятельно работать на своё гребное колесо. Ход от этого не убавился, а маневренность значительно улучшилась. Впоследствии, изобретатель-самоучка

предложил этот способ для трактора с новым принципом поворота и получил «Привилегию № 2245 на особое устройство - вагон с бесконечными рельсами для перевозки грузов по шоссейным и просёлочным дорогам».

Впрочем, не всякое объединение систем даёт новое свойство – стакан для карандашей с календарём, настольная лампа с часами и другие подобные им. Эти устройства хоть и признаны изобретениями, но являются механическим объединением, дающим небольшой выигрыш в плане экономии материалов.

Развитие поли-систем идет по аналогичной схеме. Велосипедная цепь - это однородная поли-система, как и кирпичная стена. Поли-система со сдвинутыми характеристиками - это высевание разных кормовых культур на одном поле отдельными полосами. При скашивании их поперёк в бункере комбайна получается уже готовая смесь трав, которая не требует применения кормосмесительных машин (А.С. № 843808).

Централизованная система отопления - это частично свёрнутая поли-система: источник тепла один, а у каждого потребителя установлены батареи отопления. Полностью свёрнутой поли-системой можно считать прозрачные нитки для цветных тканей. Нить одна, но она абсолютно универсальна, поскольку её не видно на одежде любого цвета. Развитие технических систем по этой цепочке можно проиллюстрировать на примере обычного гаечного ключа (рис. 25).



Рис. 25. Эволюция гаечного ключа

Одинарный гаечный ключ очень быстро превратился в би-систему со сдвинутыми характеристиками - каждая его сторона была предназначена для своего размера болта или гайки. Понятно, что набор таких ключей составлял уже поли-систему. Знакомый всем велосипедистам «семейный» ключ явил собой частично свёрнутую поли-систему - им можно было работать со всеми видами крепежа, применяемых на велосипеде. Разводной ключ по причине своей универсальности можно отнести к полностью свёрнутым поли-системам.

Объединение в надсистему выгодно для технической системы, поскольку туда передаётся не только часть функций, но и её собственных подсистем. Современное телевидение не нуждается в домашних приёмных антеннах - высококачественный сигнал поступает по кабелю от одного источника. Во многих многоквартирных домах во Франции в стенах проложены трубы и вмонтированы розетки, к которым можно подключать шланг с насадкой. Это общедомовой пылесос. Теперь при уборке квартиры хозяйка переносит из комнаты в комнату только шланг и не заботится об удалении собранной пыли. Таким образом, у объединённых систем появляются новые функции и свойства, прежде им недоступные.

Возникшие би- и поли-системы не останавливаются в своём совершенствовании. Их развитие может идти как «вниз» - свёртывание нескольких систем в одну, та и «вверх» - образование надсистем более высокого уровня иерархии.

Самой яркой иллюстрацией развития поли-систем может служить эволюция компьютерных сетей. Соединение локальных специализированных компьютерных сетей - банков, заводов, аэропортов, библиотек и персональных компьютеров отдельных пользователей в единое информационное пространство (надсистему) дало не просто новый эффект, а сверхэффект, дающий новое качество жизни. Если совсем недавно домашний компьютер был совмещением калькулятора, печатной машинки и игротки, то теперь он стал окном в мир, обеспечивая быстрый доступ к любому виду запрашиваемой информации, одновременно являясь универсальным коммуникатором, обеспечивающим все виды удалённого общения. Очевидно, что набор выполняемых функций этой суперсистемы будет только увеличиваться.



## ГЛАВА 18. ЗАКОН УВЕЛИЧЕНИЯ СТЕПЕНИ ИДЕАЛЬНОСТИ

*Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.*

*Идеальная техническая система это система, масса, габариты и энергоёмкость которой стремятся к нулю, а её способность выполнять работу при этом не уменьшается. В пределе: идеальная система та, которой нет, а функция её сохраняется и выполняется.*

Реальная техническая система состоит из конкретного вещества, деталей, подсистем, которые имеют определенные геометрические, физические и химические свойства на разных иерархических уровнях. Наличие этих свойств дает потенциальную возможность превращать любую техническую систему в многофункциональную идеальную систему, в которой будут задействованы все её свойства.

Поскольку для выполнения функции требуется только материальный объект, то за исчезнувшую (идеализированную) систему эту функцию должны выполнять другие системы (соседние технические системы, над- или подсистемы). Иначе говоря, часть систем преобразуется таким образом, чтобы выполнять ещё и дополнительные функции – функции исчезнувших систем. Принимаемая к выполнению «чужая» функция может быть аналогична собственной, тогда происходит просто увеличение главной полезной функции (ГПФ) данной системы. Если же функции не совпадают - происходит увеличение количества функций, которые система выполняет.

*Исчезновение систем и увеличение ГПФ или количества выполняемых функций - две стороны общего процесса идеализации.*

Поэтому различают два вида идеализации систем:

✓ Идеализация I-го вида, когда масса (М), габариты (Г), энергоёмкость (Э) технической системы (ТС) стремятся к нулю, а ГПФ или количество выполняемых функций ( $\Phi_n$ ) остается неизменным (рис. 25-1).

✓ Идеализация II-го вида, когда ГПФ или количество функций ( $\Phi_n$ ) увеличивается, а масса, габариты, энергоёмкость остаются неизменными (рис. 25-2).

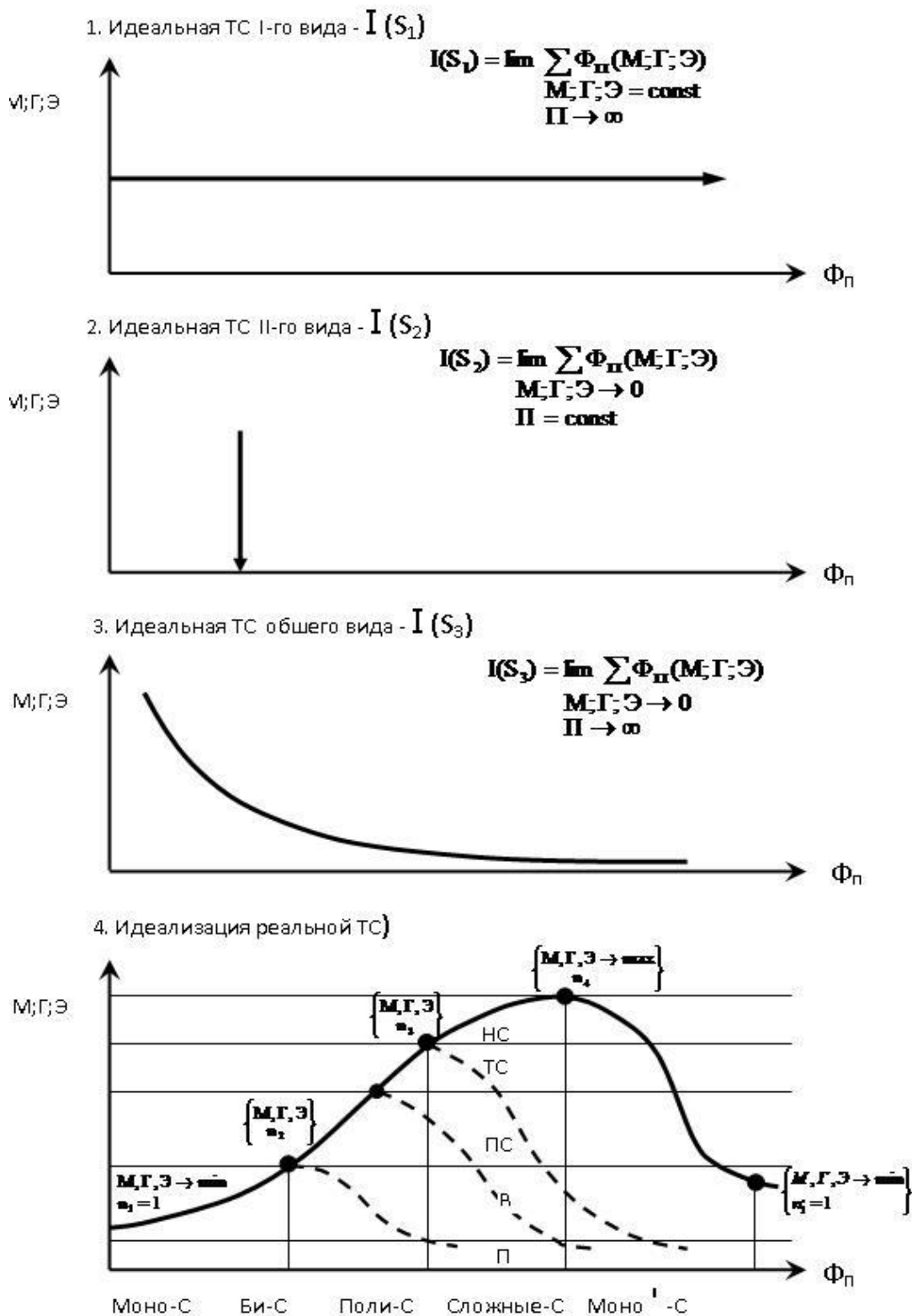


Рис. 25. Виды идеализации технических систем

К идеализации первого вида можно отнести полное сворачивание технических систем. Поясним на примере - первые калькуляторы, работающие на механическом уровне прошли путь от деревянных счёт, до механических вычислителей, типа «Феликс», где для получения результата арифметических действий необходимо было вращать ручку. Первые электронные калькуляторы были размером с подарочную книгу и питались от общей электрической сети. С своим развитием они дошли до размеров спичечного коробка с автономным питанием от батарейки. Процесс миниатюризации мог продолжаться и далее, но было ограничение - человеческое восприятие. Маленький экран с результатами вычислений трудно было рассмотреть. Поэтому, функции калькулятора взял на себя сотовый телефон. Калькулятора нет - а функции его выполняются.

Идеализация второго вида наиболее ярко иллюстрируется развитием носителей информации для компьютеров - так называемых «жёстких дисков». Первые «винчестеры», как из тогда называли, имели ёмкость для стандартных компьютеров IBM PC XT 90-х годов прошлого века величину размером в 10 мегабайт. Двадцать лет спустя на него можно было записать одну хорошую песню в цифровом формате. Современные жёсткие диски имеют стандартную ёмкость в один терабайт. Это означает увеличение главной полезной функции в *сто тысяч раз*. При этом, масса, габариты и энергоёмкость жёстких дисков, как минимум, остались на прежнем уровне.

Общий вид идеализации систем отражает оба процесса - уменьшение М, Г, Э и увеличение ГПФ или количества функций (рис. 25-3). Идеализация реальных технических систем может идти путём, отличающимся от приведенных зависимостей. Чаще всего наблюдается смешанный вид идеализации, когда выигрыш в М, Г, Э, полученный в процессе идеализации, тут же расходуется на дополнительное увеличение ГПФ или количества функций. Нормальный вид идеализации реальных технических систем происходит по несколько другому сценарию (рис. 25-4). Возникнув по потребности человека, техническая система начинает «завоёвывать» пространство, увеличивая свои массу, габариты и энергоёмкость, а достигнув некоторого предела, уменьшается или свёртывается.

Процесс развития технической системы протекает во времени, поэтому горизонтальная ось отражает не только увеличение количества функций ( $\Phi_n$ ), но является одновременно и осью времени, поскольку каждое изобретение увеличивает главную полезную функцию системы.

Сворачивание технических систем наиболее характерно при переходе к би- поли- и сложным системам, поскольку этот процесс уже сам по себе предусматривает уменьшение количества подсистем.

*Предельный случай общей идеализации техники заключается в её уменьшении (и в конечном счете, исчезновении) при одновременном увеличении количества выполняемых ею функций; в идеале - техники не должно быть, а функции нужные человеку и обществу должны выполняться.*

Закон идеализация технических систем является обобщающим для всех остальных законов, поскольку любой из них по отдельности и все вместе отражают процесс развития технической системы на разных этапах её существования. Ведь любое развитие – это идеализация.

## **ГЛАВА 19. ОБЩАЯ СХЕМА РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Анализ истории развития многих технических систем показывает, что все они развиваются через ряд последовательных событий. Рассмотрим это через историю развития жилища.

### ***1. Возникновение потребности.***

Одной из базовых потребностей человека является потребность в безопасности и комфортных условиях обитания. Следовательно, появилась необходимость в укрытии от хищных животных и негативных погодных факторов - ветра, дождя и низких температур. Первоначально это были естественные пещеры и гроты, количество которых было весьма ограничено.

## ***2. Формулирование главной полезной функции - социального заказа на новую техническую систему.***

У людей появилась нужда в искусственном убежище, которое обеспечивало бы их безопасность и служило защитой от непогоды.

## ***3. Синтез новой технической системы, начало её функционирования с минимальной главной полезной функцией.***

По данным археологов, первоначально строились небольшие примитивные жилища из подручных материалов, не требующих особой обработки - камней, костей крупных животных, упавших деревьев, веток и шкур животных. В это период были синтезированы основные подсистемы дома - стены, крыша и дверной проём.

## ***4. опережение роста потребностей роста ГПФ в развивающейся технической системе, невозможность удовлетворения растущих потребностей старыми средствами приводит к изобретению новых систем или усовершенствованию старых введением новых подсистем.***

Безусловно, что первые жилища плохо выполняли свою функцию. Появление инструментов для обработки материалов позволило получать строительные материалы с заранее заданными геометрическими размерами - брёвна, жерди, обтёсанные камни. Разнообразие исходного сырья для строительства домов обуславливало и различие их конструкций. В горной местности строили из камня, в лесах - из дерева, на равнинах сырьем служила глина. Тогда же в жилищах появились новые подсистемы - фундамент, пол, окно и система жизнеобеспечения в виде источников тепла: очага, камина или печи. Этот шаг отражает общую закономерность развития технических систем - развёртывание, когда для улучшения главной полезной функции появляются новые подсистемы.

Итогом этой первоначальной стадии развития сложилась классическая структура системы под названием «дом» или «жилище» (рис. 26), где стена, в свою очередь, имеет подсистемы дверной и оконный проёмы.

Дальнейший процесс развёртывания технической системы, происходит, как правило, с вещества его подсистем, поскольку, именно на уровне вещества

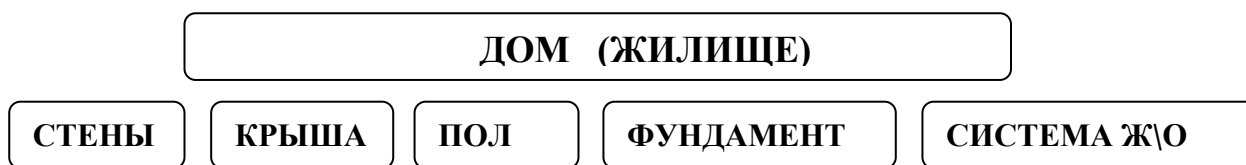


Рис. 26. Основные подсистемы дома

наиболее сильно проявляется действие факторов, сдерживающих увеличение ГПФ. К примеру, оконный проём первоначально заполнялся только решёткой для увеличения безопасности. С целью снижения потерь тепла его стали закрывать природными материалами с некоторой степенью светопрозрачности - бычьим пузырьём или слюдяными пластинками. Однако, их применение не позволяло увидеть происходящее на улице, да и света они пропускали не так уж много. Острая массовая потребность в таком материале привела к изобретению стекла, что подтверждает ещё один тезис в схеме развития технических систем - чем острее потребность, тем больше усилий сосредоточено для её удовлетворения, а это значительно ускоряет появление нужного технического решения.

Для увеличения главной полезной функции требуется увеличить какое-то свойство вещества. Например, уменьшить потери тепла через стены здания. Наиболее простым способом является увеличение массы, габаритов и энергоёмкости подсистемы. Для решения этой задачи первоначально просто увеличивали толщину стен до тех пор, пока увеличенный вес здания не привёл к необходимости устлавать специальные и очень дорогие фундаменты.

Процесс развития системы обычно приводит к разделению однородного вещества на зоны, слои, части, переходу к составному веществу. Причина проста: при очередной попытке увеличения ГПФ выясняется, что свойством, от которого зависит это увеличение, должно обладать не всё вещество, а лишь его часть – рабочая зона. Усилить свойство в зоне легче, чем во всем веществе. Поэтому, однородная стена была разделена на зоны, каждая из которых должна была выполнять свою функцию – прочностную, теплоизолирующую и декоративную [9]. Появились, к примеру, такие стены: кирпич + минеральная вата + штукатурка. Её практическая толщина, при этом, уменьшилась в 3-4 раза по

сравнению с чисто кирпичной. В дальнейшем, силовую функцию взял на себя каркас здания, поэтому стена стала выполнять роль только ограждающей конструкции. При этом, стало возможным ещё уменьшить её толщину в 2-3 раза (рис. 27).

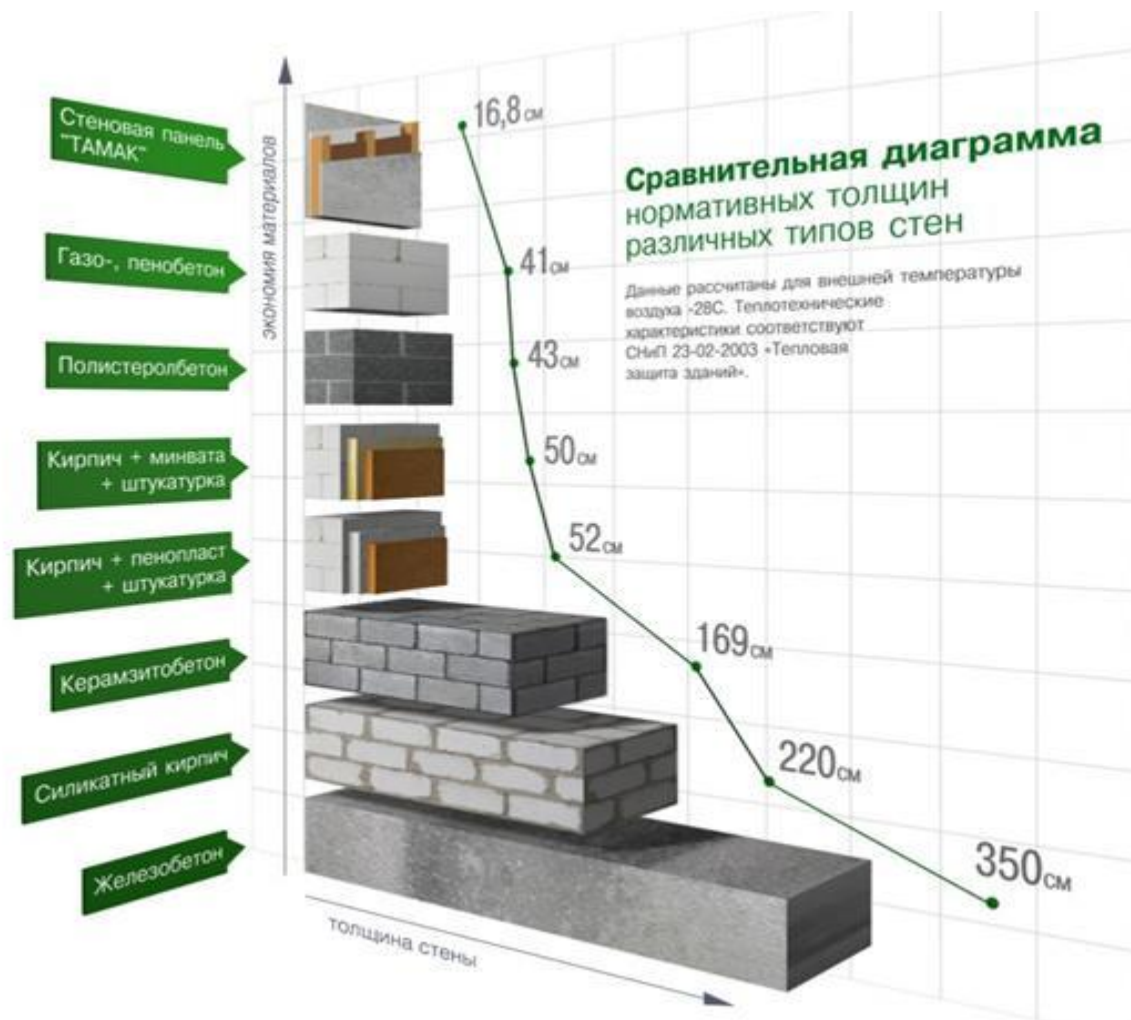


Рис. 27. Сравнительная толщина различных типов стен

Исходя из этого примера, можно выделить несколько стадий или переходных моментов, в эволюции вещества технических систем [4]:

- попытки улучшения (выделения) нужного свойства вещества;
- разделение однородного вещества на функциональные зоны;
- специализация зон по функциям, переход к неоднородному веществу;
- появление составного вещества из специализированных веществ с высокими значениями полезной функции;
- развертывание составных веществ в самостоятельные подсистемы.

Технический прогресс - это прежде всего передача трудовых функций человека технике. Поэтому, на протяжении всей истории заметен процесс превращения (развёртывания) инструментов в технические системы. Рано или поздно предпринимаются попытки усовершенствовать инструмент таким образом, чтобы увеличить КПД или количество функций или выполнять часть функций без участия человека. Рассмотрим это на примере водоснабжения, которая является частью системы жизнеобеспечения дома, наряду с системами отопления, вентиляции и кондиционирования.

Поскольку вода является важнейшей частью человеческого метаболизма, люди стремились поселиться недалеко от источника водоснабжения - родника, озера или реки. С развитием поселений воду в дом уже приходилось доставлять. Кстати, именно по этой причине нумерация домов по улицам в любом городе начинается от водоёма - именно там появлялись самые первые жилища. Тем, кто приехал позже приходилось строиться уже на расстоянии от источника и носить воду на себе или покупать её у водовоза. С развитием городов появилась централизованная система водоснабжения. Римские акведуки транспортировали воду самотёком за десятки километров, нынешние напорные водоводы и того дальше. Теперь для получения питьевой воды достаточно открыть кран - функция ушла в надсистему. Правда, в сельских поселениях её ещё приходится либо носить её от общего колодца, либо выкапывать свой, который можно оборудовать насосом и, при необходимости, системой очистки. Но, в любом случае, человек уже не тратит мышечную энергию для переноса воды - это делает техника.

Для удовлетворения возрастающих потребностей необходимо сформулировать изобретательскую задачу. Решение этой задачи происходит с применением знаний из области науки и техники. Возникшая потребность удовлетворена, но ненадолго. Возникает следующая, и процесс этот носит циклический и непрерывный характер на протяжении всей жизни системы.



Чем больше «рывок» в ГПФ, тем труднее он даётся. Часто первые технические системы с высоким значением главной полезной функции неуклюжи, их работа неустойчива и сопряжена с неудобствами. Но люди на это идут ради удовлетворения возникшей потребности.

Первый холодильник в 1803 году изобрёл от острой необходимости продавец масла Т.Мур, который развозил свой товар по всему Вашингтону. Это был большой ящик с двойными стенками, между которыми набивался лёд. Полезная функция была достигнута. Но лёд заготавливался с зимы, его необходимо было хранить, перетаскивать, колоть и т.д. В 1868 году был изобретен холодильный компрессор для получения искусственного льда для продовольственных складов, шоколадных фабрик и других потребителей. В конце XIX века появились первые домашние льдоделательные машины, потреблявшие прорву топлива – дров, угля, керосина. В 1911 году фирма «Дженерал электрик» наладила выпуск холодильников современного типа: холодильная машина помещалась в кухонном шкафу.

Компрессор с приводными ремнями производил много шума. Вдобавок, происходила утечка аммиака и сернистого ангидрида, поэтому в кухне стоял неприятный запах. В 1926 году датский инженер А.Стиндруп сделал следующий шаг: компрессор с ремнями он спрятал под герметичным колпаком с изоляцией. Холодильник стал бесшумным, исчез запах. Первый домашний холодильник без компрессора – абсорбционный – был изобретён в эти же годы в Швеции. Потом появился и его термоэлектрический собрат. Эти системы постоянно развиваются и отчаянно конкурируют между собой, соревнуясь в предложении дополнительных функций.

ГПФ системы растёт постоянно и неуклонно. Спад роста, заминки и короткие остановки происходят лишь при приближении ТС к моменту исчерпания ресурсов физического принципа заложенного в основу данной системы. Смена принципа функционирования даёт новый ресурс развития.

Такие скачки эволюции хорошо видны на примере развития мостов. Последовательный переход от балок к сводам, фермам и подвесным конструкциям

позволял резко увеличивать длину пролёта и уменьшать количество опор-быков.

На рисунке 28 приведён обобщённый график этапов роста качественного показателя технической системы  $P$  - главной полезной функции во времени. Наиболее ярко это можно проиллюстрировать на примере увеличения скорости самолёта. На первом этапе идёт синтез системы - какими должны быть отдельные подсистемы - крылья, оперение, фюзеляж. Сколько их всего и как они должны располагаться. Пропеллер лучше тянущий или толкающий и так далее. В это время прирост скорости незначителен.

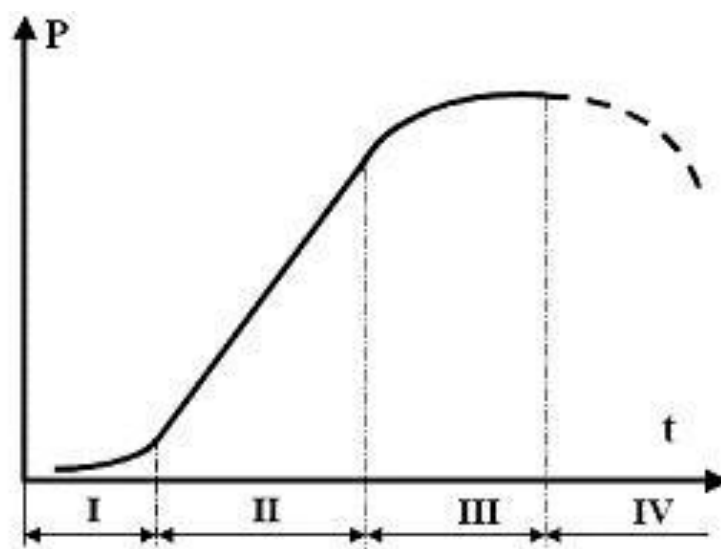


Рис. 28. График роста ГПФ

Второй этап отражает стремительный рост ГПФ - увеличивается мощность двигателя, улучшает аэродинамика. Это объективно отражает таблица рекордов скорости самолёта. С 1904 по 1943 год непрерывный и неуклонный рост, а потом каждый новый десяток километров в час начал даваться с трудом. Система вступила в третий этап - истощения возможностей. На скорости 800 км/час рост кривой остановился - самолёт уперся в «звуковой барьер». Дальнейшее повышение скорости требовало повышения мощности в геометрической прогрессии - на смену поршневому двигателю пришёл реактивный. Принцип его действия и опытные образцы начали разрабатывать ещё в период

«царствования» винтовых самолётов. Такой график получил своё название от вида кривой – «S-образный»

Так происходит во многих технических системах - новые физические принципы их функционирования исследуются ещё в период массового использования предыдущих. А при достижении ими своего физического предела, происходит мобилизация ресурсов для доведения новых принципов до работоспособного состояния (рис. 28).

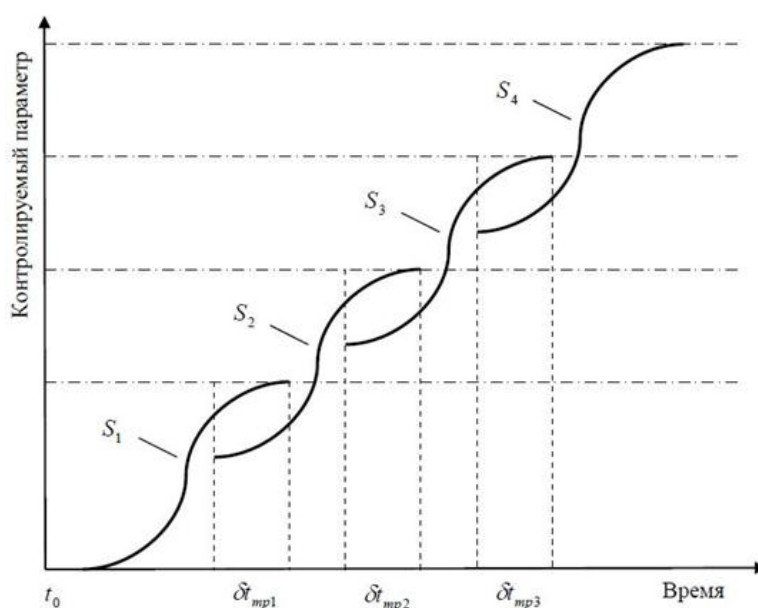


Рис. 28. S-образное развитие ГПФ технической системы

Замедления развития сегодня заметны во многих областях современной техники. Это скорости пассажирских перевозок всеми видами транспорта, повышение физико-химических свойств традиционных материалов - хлопок, шерсть, кожа, металлы, сплавы, дерево, железобетон. Это к.п.д. электрогенераторов и напряжение на линиях электропередачи. Это производительность ткацких станков и скорость резания металла на токарных станках и много другое.

Эти и многие другие признаки замедления свидетельствуют лишь о приближении периода ускоренного развития каждой из этих областей человеческой деятельности. Трудности и противоречия будут преодолены и новая техника, новые способы и технологии обеспечат рывок в ГПФ. Каждое увеличение

главной полезной функции достигается за счет использования знаний полученных в процессе развития технических систем, извлечённых из запасников науки или целенаправленно под решаемую задачу. С течением времени рост ГПФ замедляется и цикл повторяется.

Развитие технических систем на этапе развёртывания имеет свои пределы. Наступает момент, когда появление новых подсистем, усложнение существующих уже не могут приводить к увеличению главной полезной функции. Система становится слишком громоздкой, энергоёмкой, сложной в изготовлении и эксплуатации. Наступает второй этап развития - свёртывание. Прежде всего, по линии «моно-би-поли» (рис.29).



а



б



в



г

Рис. 29. Свёртывание дома по цепочке «моно-би-поли»

Например, отдельные дома (рис. 29, а) удваиваются и умножаются. Двухквартирные дома (рис. 29, б) получили широкое распространение в сельской местности в советский период. Одна стена становилась общей, что приводило к экономии материалов - типичная би-система, равно, как и двухэтажный дом. Система домов типа «таунхаус» (рис. 29, в) и пятиэтажное общежитие - яркий пример однородной поли-системы, а такая же пятиэтажка с квартирами уже является неоднородной, поскольку включает в себя жилища с разным количеством комнат (рис. 29, г). Уже существуют жилые комплексы, в которых, помимо жилья, расположены рабочие помещения и офисы, бассейны, рестораны, зимние сады, парикмахерские и кинотеатры - вся необходимая инфраструктура для жизни человека. В таком здании можно жить и работать годами, не выходя на улицу - дом полностью взял на себя все функции города.

Подобные процессы наглядно иллюстрирует пути свёртывания технических систем:

➤ ***Вытеснение части подсистем в надсистему.*** Отдельное жилище в составе дома-города отдаёт «наверх» все функции системы жизнеобеспечения. При развитой системе общественного питания отпадает необходимость в кухне, стирать можно в общей прачечной, мыться в сауне и так далее. Единая информационная система предоставляет доступ к библиотеке текстовых, аудио и видео файлов, а также каналы коммуникации для общения.

➤ ***Развитие подсистем в составе технической системы.*** Этот процесс происходит, в основном, за счет миниатюризации подсистем или увеличения числа выполняемых ими функций. Любая бытовая техника уже обладает рядом дополнительных возможностей - кухонная плита добавила функцию гриля, ванна - массажёра, чайник - термоса и так далее. Процесс уменьшения размеров домашнего оборудования не так заметен, поскольку его размеры должны быть соизмеримы с потребностями человека и удобству обращения с ним. Тем не менее, огромный кухонный комбайн превратился в привод с большим количеством специализированных насадок.

➤ *Свёртывание технической системы в одну из подсистем.*

Например, будильник полностью «ушёл» в сотовый телефон и телевизор. Часы - в электроплиту, холодильник и микроволновую печь.

В развитии реальных технических систем чаще всего идут смешанные процессы одновременного развёртывания и свёртывания: развивается и идеализируется то одна, то другая часть системы, тот или иной уровень иерархии. Однако исследования большого массива технической информации позволяют делать вывод о том, что процесс развития любой технической системы представляет из себя последовательность циклов – волн поочерёдного развёртывания и свёртывания технических систем. Модель такого развития была разработана в 1984 году [8] и представлена на рисунке 30.

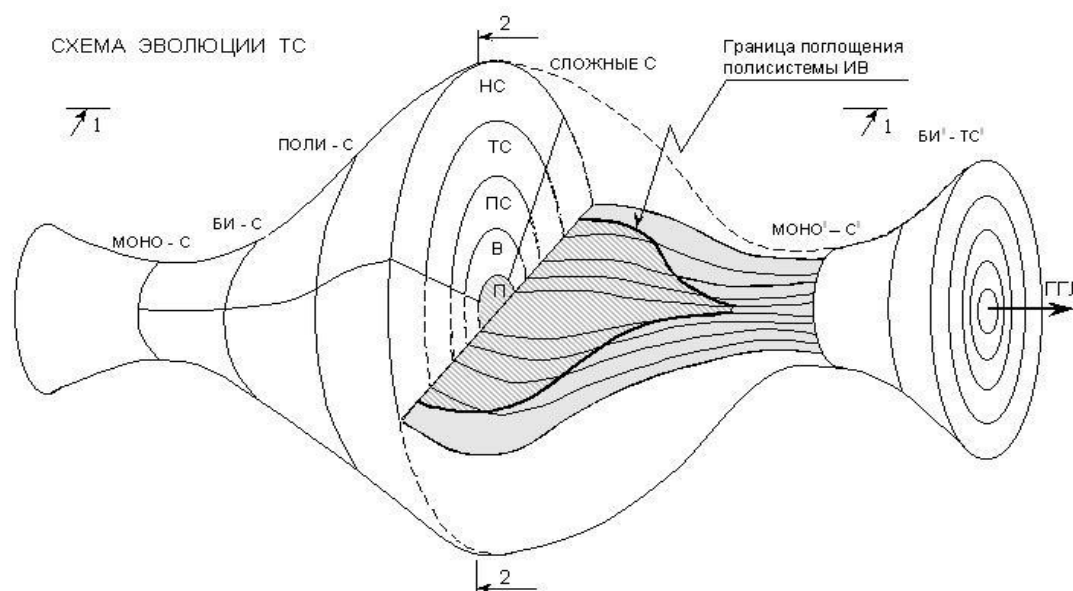


Рис. 30. Модель эволюции технических систем

Такое представление гармонично связывает воедино все законы развития технических систем, поскольку увеличение ГПФ в технических системах достигается то динамизацией, то антидинамизацией, то переходом на микро-, то возврат на макро-уровень и так далее. Использование тех или иных законов зависит от того, в каком периоде развития находится данная система – развёртывание или свёртывание. Причём, разные уровни системы могут в одно и то же время находиться в различных периодах своего развития.

Модель волнового развития техники прекрасно вписывается в общую картину развития мировой экономики, прежде всего в «Теорию больших циклов» Н.Д. Кондратьева, разработанную ещё в 1925 году. Все последующие экономические и аналитические исследования непременно основываются на так называемых «Циклах Кондратьева» [14].

Сущность его теории заключается в следующем. Начиная с первой промышленной революции и до наших дней колебания в экономическом росте, в творческой и инновационной деятельности, техническом развитии укладываются в несколько больших волн, или циклов. Подъём волны начинается с одного или группы изобретений, которые появляются ещё в период предыдущей волны - обычно в стадии её спада, депрессии. Новшество натывается на сильное противодействие, вызванное «объективными» причинами: нет средств, сомнительная полезность для сегодняшних нужд, часто для новшества характерна экономическая невыгодность, происходит ломка сложившейся структуры и связанных с ней личных интересов и амбиций. Однако, чем больше сопротивление, тем больше накапливается потенциальной энергии для будущего взлёта.

Первоначально новшество внедряется в одной отрасли, начинается его массовый выпуск и связанный с ним период всеобщего использования. При этом возрастающие потребности порождают претензии к новинке, требования увеличения её ГПФ. Отрасль перестраивается, превращается в ведущую, предъявляет повышенные требования к смежникам и поставщикам, а те, в свою очередь, к следующим звеньям цепочки.

Проведённые исследование патентов США [12] установили, что пик наибольшей активности в патентовании отмечен в 1880 г., 1930 г., 1970 г. Каждый из пиков приходится на начало длительного спада в экономике. Полученные кривые демонстрируют отсутствие зависимости изменений в объёмах патентования от чрезвычайных обстоятельств, например, войн и циклических кризисов. В целом изменения количества патентов соответствуют, подъёмам и спадам длинных волн Н.Д.Кондратьева.

## ГЛАВА 20. ЗАКОНЫ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

Энциклопедия даёт следующее определение науки. Наука - это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе и о самом познании, имеющая непосредственной целью постижение истины и открытие объективных законов на основе обобщения реальных фактов в их взаимосвязи, для того чтобы предвидеть тенденции развития действительности и способствовать её изменению.

Наука - большая иерархическая система, состоящая из многих, часто внешне независимых элементов - частных наук. Это как здание, у которого есть фундамент, стены, крыша, окна, двери и так далее. Но вместе они составляют единый дом.

В своём развитии наука проходит несколько качественно отличающихся друг от друга уровней: факты, представления (и вытекающие из них понятия), теории, законы, научная картина мира. Фундаментом любой науки являются представления об изучаемых явлениях и объектах, полученные в результате анализа научных фактов. Система представлений о конкретном явлении формирует научную систему в виде теории. А система научных представлений на те или иные явления, связанные между собой, формируют концепцию данной теории. Научные концепции, в свою очередь, создают у людей мировоззрение, а осмысление полученной информации – миропонимание.

Процесс развития науки неоднозначен. Это очень сложное явление, поэтому в науке позже, чем в технике появилась еретическая мысль о возможности построения *теории решения открывательских задач* или хотя бы выявления некоторых закономерностей развития научных систем.

Например, при исследовании закономерностей развития химии, было обнаружено, что можно выделить четыре этапа её развития в плане представлений об изучаемых ею объектах. На первом этапе - это изучение **состава вещества**, как определяющего его свойства. Затем обнаружилось, что при одном и том же составе, например, органические вещества имеют разные **структу-**



**ры.** Дальнейшее развитие химии показало, что для объяснения некоторых свойств, нужно учитывать поведение, **динамику** молекул вещества. Наконец, выяснилось, что молекулы вещества **эволюционируют**, саморазвиваются, например, молекулы ДНК.

Четыре этапа развития наших представлений об исследуемом объекте объективны для всех наук, поэтому могут быть представлены в качестве одного из методологических принципов. Например, при изучении состава бетонов, где последние научные исследования показали наличие весьма сложных процессов при его твердении.

История науки показывает, что открытия в одной области науки со временем становятся достоянием другой - происходит взаимная «диффузия» знаний. Параллельно идут процессы **дифференциации** - деление на частные науки (астрофизика, физика космических лучей, физика звезд и т.д.) и **интеграции** - объединения научных систем (физическая химия, биофизика, биомеханика). Так, объединение компьютерных технологий, прецизионной механики и материаловедения позволили получить инновационную технологию печатания домов при помощи 3D-принтеров.

Иерархическая структура науки позволяет выделить несколько крупных «этажей» в иерархии науки: понятия - представления (научные системы) - теории - частные науки - единая наука о природе. Каждый из перечисленных этажей охватывает ряд уровней, занимаемых разными частными науками. Например: астрономией, математикой, биологией, физикой, химией, физикой микромира и т.д. А каждая из частных наук охватывает ряд уровней в собственной иерархии. В астрономии - от планет до вселенной, в химии - от простых атомов до сложных молекул, в биологии - от клетки до организма.

В процессе изучения природного мира, человек, используя полученные знания, создал искусственный мир - мир технических систем, роль которого - усилить возможности человека, т.е. стать своего рода «костылями» до того времени, пока он не научится обходиться без них. Но при исследовании природного и искусственного мира человек использует одни и те же подходы, т.е.

одну и ту же методологию. Его познание проходит через решение творческих задач, технология которых включает две фазы: создание моделей исследуемых или синтезируемых (усовершенствуемых) систем и их «внедрение». Отличие возникает лишь на стадии «внедрения» результатов исследования: в науке - проверка соответствия придуманных моделей природных систем реальным системам, в технике - их воплощение в «металл».

Исходя из этого, можно сделать предположение, что наука может развиваться в соответствии с волновой моделью эволюции искусственных систем. Научные системы синтезируются, развиваются, усложняются и сворачиваются. А развитие идёт в направлении увеличения их объяснительной и прогностической силы и соответствия полученных знаний реальной действительности.

Источником познания объективного мира является постоянное взаимодействие между опытом и теорией. Несоответствие между представлениями, вытекающими из опыта и представлениями теории, выражается в виде **противоречия**. Оно и является **источником развития представлений**. Систему представлений об объекте исследования можно определить как **научную систему (НС)** или **концепцию**. Если допустить, что НС развиваются закономерно, то эти закономерности можно познать и использовать.

Проведём аналогию с рассмотренными нами противоречиями в технических системах. На поверхности любой научной задачи лежит, так называемое, административное противоречие (АП): нужно что-то объяснить, но какие представления привлечь для этого - неизвестно. Эвристическая сила этих противоречий равна нулю. В основе административного противоречия лежит научное противоречие (НП): при попытке объяснить новое явление с помощью, существующей научной системы нарушается единство представлений. Научная задача может возникнуть тогда, когда в процессе познания нарушится единство представлений об исследуемом объекте. Именно в этот период возникает физическое противоречие или физическая несовместимость (ФН) представлений, возникающая в научной системе с позиций существующей парадигмы. Тогда

само физическое противоречие или несовместимость взаимоисключающих требований может быть сформулировано следующим образом:

*Чтобы с позиций существующей парадигмы объяснить факт  $\Phi 1$ , исследуемый объект  $O$  должен обладать свойством  $C$ , но, чтобы объяснить аномальный факт  $\Phi 2$ , объект  $O$  должен обладать свойством не- $C$ .*

Для устранения подобных противоречий могут быть использованы некоторые приёмы, выявленные в результате анализа развития научных систем [5]:

**1. Разделение несовместимых свойств во времени:** Пусть система обладает то свойством  $C$ , то свойством не- $C$ .

В 1865 году Кекуле предложил структурную формулу бензола. Из этой формулы следовало, что должно существовать два изомера. Но бензол упорно вёл себя как одно вещество. Как это объяснить?

Решение: связи в молекуле осциллируют: каждая молекула находится то в одном, то в другом состоянии.

**2. Разделение несовместимых свойств в пространстве:** пусть часть системы обладает свойством  $C$ , а другая – свойством не- $C$

В Большом Магеллановом Облаке был обнаружен переменный рентгеновский источник излучения. По мнению ведущих астрофизиков источник является остатком Сверхновой звезды, вспыхнувшей 5200 лет назад. Но все известные остатки Сверхновых - постоянные источники излучения. Как это объяснить?

Перед нами противоречие: чтобы быть остатком Сверхновой, излучение источника должно быть постоянным, но, чтобы соответствовать наблюдениям, излучение должно быть переменным.

Решение: Рентгеновский источник в пространстве находится за остатком Сверхновой - произошло наложение двух источников излучения по линии наблюдения.

**3. Разделение несовместимых свойств системным переходом:** пусть система обладает свойством **C**, а надсистема, включающая данную систему - свойством **не-C**. Или же пусть в целом система будет обладать свойством **C**, а подсистемы - свойством **не-C**.

Растяжение кристалла происходит за счёт увеличения расстояний между ионами кристаллической решетки. Но как растягивается резина? Связи между атомами в молекуле каучука ковалентные, расстояния между атомами увеличиваться не могут. При этом резиновая нить растягивается по всей длине в любое время и при любых способах растяжения. Как это объяснить?

Решение: молекулы каучука (подсистемы) нерастяжимы, но цепь таких молекул (систем) может удлиняться за счет разворачивания жестких звеньев.

**4. Разделение несовместимых свойств перестройкой структуры (организации) системы:** перейти от системы, обладающей свойством **C**, к системе, обладающей свойством **не-C**, а свойством **C** наделить подсистемы системы.

Наблюдения за взвешенными в воде частицами, Броун заметил, что все они непрерывно движутся. Но опыт показывает, что вода неподвижна и эти движения не вызваны ни потоками воды, ни её испарение. Как это объяснить?

Физическая несовместимость: вода должна быть подвижной (на уровне системы), чтобы взвешенные частицы двигались, и не должна быть подвижной (на уровне системы), чтобы соответствовать наблюдениям.

Решение: Вода в целом неподвижна, а каждая её молекула подвижна, отсюда и частицы подвижны.

**5. Чтобы избавиться от противоречия, нужно перейти от системы к антисистеме.**

Переход от геоцентрической системы Птолемея (с Землей в центре мира) к гелиоцентрической Николая Коперника (с Солнцем в центре солнечной системы).

Подобные примеры иллюстрируют существующее сходство методологии при решении технических и научных задач. Разумеется, механический перенос найденных приёмов и закономерностей из одной области знаний в другую невозможен без тщательного анализа. Однако, представленные примеры говорят о том, что такой процесс может существенно облегчить решение научных задач.

В процессе обучения магистранту или аспиранту придётся столкнуться с необходимостью решать научные задачи - это входит в программу подготовки. При выборе тематики необходимо понимать, что любое исследование должно отвечать критериям новизны и актуальности. Иначе говоря, получаемые знания должны быть обязательно новыми и обязательно нужными обществу.

И в заключении несколько примеров из разных областей человеческого существования, которые иллюстрируют универсальность некоторых приёмов разрешения противоречий.

Перед Карлом Великим встала серьёзная проблема, когда он должен был быть коронован папой римским. Это означало в глазах подданных, что если папа возложит на голову короля корону, то он станет законным монархом с согласия церкви. С другой стороны нельзя было допустить, чтобы именно папа возложил корону. Это означало бы, что церковный иерарх в любой момент может эту корону и отобрать.

Возникло противоречие: папа римский должен возложить корону на голову Карлу, и не должен её возложить. Это противоречие Карл Великий разрешил во времени и пространстве - когда папа взял корону в руки и поднёс к будущему императору, чтобы её надеть, Карл перехватил корону, на полпути, и сам надел её на себя. Оба противоречивых требования были выполнены.

Художник Л. Кранах-младший получил заказ написать портрет кардинала Бранденбургского - одного из страшнейших людей того времени. Кардинал должен быть изображён в своем кабинете с Библией и распятием - фигурой Христа на кресте. Написать кардинала таким, каков он есть нельзя, но и пойти против своей совести тоже. В результате он изобразил кардинала с обычным лицом. Он

смотрит на распятие. Фигурка Христа нарисована такой затравленной, перепуганной и жалкой, что становится ясно - на неё смотрит очень злой человек.

Василий Твардовский в поэме «Василий Тёркин» вместо тривиальной строчки о том, что война шла вдоль реки, применил приём сделать «наоборот». И получилось вот что:

*«У лесной глухой речушки, что катилась вдоль войны...»*

## **ГЛАВА 21. МЕТОДЫ СНЯТИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ИНЕРЦИИ**

У нашего мозга есть отличное свойство, с помощью которого он экономит энергию, в том числе и на решение задач. Это систематизация и сравнение. Видя задачу, которую он уже когда-то решил, мозг, недолго думая, предлагает повторить уже пройденный путь. Это действительно очень удобно - представьте, если бы мы каждый раз заново мучились над однотипными проблемами: приходилось бы ежедневно искать дорогу домой и учиться завязывать шнурки. Но есть у этого свойства и отрицательный момент - однообразие идей, которые выдает наше сознание в похожих ситуациях. А ведь часто бывает, что идеи должны быть креативными и свежими, но мозг упрямо бредет по протоптанной тропинке, повторяя заученные мысли. Это называется психологической инерцией мышления.

Для того чтобы перезагрузиться и переменить подсознательно сформированное отношение к задаче, необходимо снять эту психологическую инерцию. Прежде всего нельзя рассматривать объект в качестве чего-то одинокого неизменного. У каждой системы есть свой верхний уровень – надсистема, и нижний – подсистема. При решении задач немаловажно рассматривать их в совокупности и во взаимодействии. Кроме того, имеется очень важный фактор, который не всегда принимается во внимание - время. Обязательно следует учитывать прошлое системы и её возможное будущее на всех трёх уровнях (рис. 31). Таким образом, при решении задачи перед глазами должен быть не один экран, а



Рис. 31. Полиэкранный мышление

минимум - девять. Такой способ предварительного анализа называется «полиэкранным мышлением».

Различают три вида психологической инерции. Первая - **инерция терминов**.

Любая научная или техническая задача излагается в известных терминах, которые навязывают присущее им содержание. Человек думает словами, которые подталкивают его идти в заранее определённом направлении. Поэтому, одним из самых простых и эффективных приёмов снятия психологической инерции состоит в полном отказе от специальных терминов. Стоит заменить специальные термины на слова: «объект», «вещь» или «штуковина» как мысль становится заметно свободнее.

Несколько труднее погасить второй вид психологической инерции - **инерцию образов**. Поэтому успех в решении сложной задачи состоит в том, насколько человеку удастся расшатать или даже сломать систему исходных представлений. Этому препятствует третий вид инерции - **инерция узкой специальности**. Чем глубже и подробнее человек знает о предмете, тем крепче «сидит» в нём его традиционный образ. В мышлении узких специалистов изначально заложено противоречие - чем он профессиональнее, тем лучше выпол-

няет свою функцию, но тем хуже способен разработать творческие изменения в предмете своей работы. Как говорил Козьма Прутков: «Специалист подобен флюсу - полнота его односторонняя».

По этой причине не выглядят случайностями то, что многие выдающиеся открытия и изобретения были сделаны дилетантами. Например, Николо Отто - изобретатель четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания был конторщиком, первопечатник Иван Федоров - дьяконом, изобретатель микроскопа Левенгук был торговцем, а Этьен Монгольфье, один из братьев запустивших воздушный шар, и Андерс Цельсий, придумавший шкалу температуры, были архитекторами. А великий дилетант - основатель космонавтики, создатель космической философии, изобретатель судна на воздушной подушке и других важных изобретений - К.Э. Циолковский был всего-навсего школьным учителем.

Причиной их достижений было, как ни странно, незнание. А именно - незнание того, что «так нельзя», «это работать не будет», «это противоречит здравому смыслу» и прочим доводам узких специалистов.

Так что же, теперь всем математикам бросаться на решение сложных задач в области химии, а биологам срочно заняться проблемами астрофизики? Разумеется, нет. Средство борьбы с психологической инерцией узкой специальности одно - повышение культуры мышления. Надо обязательно расширять свой кругозор, интересоваться достижениями в других областях знаний. Хорошо помогает чтение научной фантастики - она хорошо тренирует смелое мышление. Хочется ещё раз уточнить - не любой фантастики, а именно научной. Фантастические боевики, «звёздные войны» и фэнтезийные сказки - это отличный способ провести время, если в них есть литературные достоинства. Но вряд ли эти произведения смогут заставить читателя почувствовать себя в роли в невидимки или передать ощущения свободного полёта Ариэля, победившего земную гравитацию. Научная фантастика приучает человека к мысли о том, что грани его возможностей бесконечны.



Одним из инструментов гашения психологической инерции является оператор РВС [2] - серия мысленных экспериментов, в которых последовательно рассматривают изменение задачи в зависимости от изменения трех параметров: размеров (Р), времени (В), стоимости (С). Он призван расшатать привычное представление об объекте, навязанное условиями задачи, взглянуть на объект по-новому, увидеть ранее не замечаемые его свойства и возможности и, даже может способствовать перестройке условий задачи. Пошаговая методика его применения такова.

1. Мысленно уменьшить размеры объекта от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

2. Мысленно увеличить размеры объекта от заданной величины до бесконечности. Как теперь решается задача?

3. Мысленно уменьшить время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

4. Мысленно увеличить время процесса (или скорость движения объекта) от заданной величины до бесконечности. Как теперь решается задача?

5. Мысленно снизить стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?

6. Мысленно повысить стоимость (допустимые затраты) объекта или процесса от заданной величины до бесконечности. Как теперь решается задача?

Поясним на примере. На одном из семинаров по изучению методики изобретательства слушатель решал следующую учебную задачу [2]:

*Задача 33. На строительстве Усть-Илимской ГЭС понадобилось соорудить несколько водоводов - железобетонных труб диаметром около десяти метров и длиной около сорока. Вес каждого водовода – четыре тысячи тонн. Водоводы должны лежать на откосе под углом в 45°. Изготавливать водоводы в наклонном положении крайне неудобно. Лучше строить их вертикально, а потом опускать на откос. Однако, проектировщики подсчитали, что для этого потребуется очень сложная и дорогая система грузовых стрел, талей, блоков.*

*Пришлось изготавливать водоводы в наклонном положении. А когда работа была сделана и деньги потрачены, два молодых инженера предложили решение, которое, поспей оно вовремя, позволило бы легко опустить готовые водоводы и дало бы огромную экономию. Найдите это решение, используя оператор PBC.*

Далее излагается ход рассуждений слушателя:

«Шаг 1. Размеры бетонной штуковины увеличиваются в сто раз. Громадина наподобие Останкинской башни. Никакие краны не годятся, это ясно. Как уложить махину высотой в четыре километра и диаметром в километр? Нет, это не башня, у башни диаметр мал сравнительно с высотой. Это гора. Как уложить гору? Идеально было бы, если бы гора легла сама. Но горы никогда не падают. Не знаю. Задача стала сложнее. Этот шаг ничего не дал.

Шаг 2. Для начала уменьшим размеры в сто раз. Высота 40 см. Все очень просто: уложим штуковину вручную. Высота 0,4 см. Снова вручную. Высота 0,04 мм. Задача опять усложнилась.

Шаг 3. В условиях задачи не указано, сколько времени отводится на спуск штуковины. Предположим, месяц. Увеличим этот срок в 100 раз. 8 лет. Не вижу особой разницы. Увеличим срок еще в 1000 раз. 8000 лет. Осядет грунт и штуковина опустится сама? Во всяком случае, за 8 миллионов лет могут произойти большие геологические изменения.

Шаг 4. Штуковина опустилась за одну минуту или за одну секунду. Это значит, что она упала. Чтобы штуковина упала, ее центр тяжести должен изменить свое положение.

Появилась идея, относящаяся к шагу 1. Есть горы, которые сами падают. Это - айсберги. Подтаивает основание, смещается центр тяжести, гора опрокидывается. Пункт 3 тоже наводит на подобную мысль: за миллионы лет могут выветриться, вымыться самые твердые породы. Отсюда идея: заполнить пространство между откосом и водоводом льдом, приморозить трубу ко льду и постепенно расплавлять лёд, чтобы он уходил из этого пространства. Вместо льда можно взять какое-нибудь химическое вещество и действовать на него реактивом, но лёд дешевле».

За решение слушатель получил заслуженную пятёрку, поскольку его ответ совпадает с изобретением по авторскому свидетельству № 194294, в котором сказано: «Способ монтажа тяжелых конструкций путем опускания их на рабочее место, отличающийся тем, что с целью упрощения процесса монтажа под конструкцией возводят колонны из природных веществ - льда, соли, которые затем у основания соответственно растапливают и растворяют, обеспечивая тем самым уменьшение длины колонн с одновременным опусканием конструкции».

При работе с оператором РВС следует придерживаться нескольких простых правил:

1. У каждого объекта несколько основных размеров. Не обязательно изменять все размеры.

2. После того как найдена новая идея, надо вернуться к исходным размерам и изменить эту идею так, чтобы она годилась и при нормальных размерах объекта.

3. Это же правило относится ко времени процесса (или скорости движения объекта), стоимости (допустимым затратам).

4. Оператор РВС резко меняет привычное представление об объекте. Он ведёт к фантастическим, бредовым идеям - не надо их исключать.

5. Не спешить. Мысленные операции надо вести спокойно, внимательно приглядываясь ко всему новому и неожиданному.

С помощью оператора РВС можно получить несколько необычных направлений для решения, хотя иногда он даёт неожиданные идеи. Очень важно понимать, что оператор РВС не всегда даёт решение задачи. Собственно, он и не предназначен для этого. Его цель основная цель - сбить психологическую инерцию перед решением.

По этому поводу вспоминается один фантастический фильм. В нём группе американских разработчиков показывают документальные кадры в не слишком хорошем качестве об испытаниях в Советском Союзе «антигравитатора» -

устройства которое преодолевает земное притяжение и может летать. Пикантность ситуации заключается в том, что никакого выкраденного разведкой фильма нет, а есть видеомонтаж. Освобождённые от психологической инерции типа «этого не может быть» учёные создают реально работающий аппарат, преодолевающий земное притяжение.

Всего двадцать лет назад за предложение напечатать дом на принтере могли отправить на принудительное лечение у психиатра.

Трёхлетняя Алёнка Котлева, играя с пластмассовыми кубикам, выложила их в виде зигзагообразной стенки. Получился новый вид кладки. Потом была оформлена заявка на изобретение. Новая кладка обладала повышенной прочностью и сейсмоустойчивостью, и позволяла сберечь до 70 % кирпича и раствора. На это «взрослое» изобретение она получила авторское свидетельство. Не исключено, что идею с 3D-принтерами придумал такой же человек, начисто лишённый психологической инерции.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В развитии науки и техники сочетаются два пути. Это эволюционный - в пределах одного уровня и революционный, когда осуществляется переход с одного уровня на другой. Схематически это развитие можно представить в виде ломаной линии с большим числом поворотов. Узкий специалист хорошо видит направление одного отрезка. Думая о будущем, он склонен видеть это будущее развитием настоящего. Он как бы мысленно продолжает конечный отрезок линии. Понимая ограниченность существующих технических средств, специалист отчетливо видит неразрешимые задачи - стену, в которую упирается мысленное продолжение данного отрезка. Но диалектика развития науки и техники такова, что нерешаемые задачи решаются «в обход» - принципиально новыми техническими средствами. И вот этого некоторые специалисты не понимают: трудности, преодолимые известными ныне средствами, они считают непреодолимыми вообще.

«Невозможно» потому и возникает, что, не зная, как это произойдет, заранее говорят, что этого вообще не может быть. А надо сказать: будет, хотя пока неизвестно, как именно. Исследователь должен как бы перешагнуть через слово «невозможно», забыть на время о нём. Уже одного этого порой достаточно, чтобы почти автоматически прийти к новой технической идее. Конечно, может случиться так, что путь к решению окажется долгим и трудным. Но ведь и самый длинный путь начинается с первого шага.

Для тех, кто хочет разобраться в процессе получения новых знаний и новых технических решений можно порекомендовать многочисленную литературу основоположника ТРИЗ Г.С. Альтшуллера. Системно и доходчиво изложены материалы по этой тематике у Ю.П. Саламатова. Анализом закономерностей развития техники применительно к строительству занимался Н.П. Абовский. Особо хочется отметить работу И.М. Кондракова «Учимся познавать мир. 20 уроков познания», в которой очень органично изложено взаимное проникновение науки и техники в свете самых последних достижений в этих областях человеческого творчества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / М.: Альпина Паблишер, 2012 г. (Серия «Искусство думать»).
2. Альтшуллер Г.С. Дерзкие формулы творчества. / Петрозаводск. Издательство «Карелия». 1987 г.
3. Саламатов Ю.П. Подвиги на молекулярном уровне. В сборнике «Нить в лабиринте». / Петрозаводск. Издательство «Карелия». 1988 г.
4. Саламатов Ю.П. Система законов развития техники. В сборнике «Шанс на приключение. / Петрозаводск. Издательство «Карелия». 1988 г.
5. Кондраков И.М. Учимся познавать мир. 20 уроков познания. Русское научно-техническое общество. Санкт-Петербург. 2015 г.
6. Кондраков И.М., Козырев В.А.. Методы решения научно-технических задач./ Учебное пособие. Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова. 2004 г.
7. Кондраков И.М. Рациональный алгоритм динамизации технических систем. / Вестник БелГТАСМ. № 5, 2003. Материалы межд. конф. «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии», посвященного 150-летию В.Г.Шухова. Белгород, 2003. с. 367-371.
8. Саламатов Ю.П., Кондраков И.М. Идеализация технических систем. / Рукопись. Красноярск. 2000 г. (<http://rus.triz-guide.com/911.html>).
9. В.И. Жаданов, Д.А. Украинченко, И.С. Инжутов, А.Ф. Рожков, В.Е. Афанасьев. Методологические основы поиска рациональных решений деревянных панельных конструкций. / Учебное пособие. Оренбург, ИПК ОГУ, 2016 г.
10. Инжутов И.С., Коренчук В.В., Деордиев С.В. Рамнопанельная блок-секция сборно-разборного здания. Патент РФ № 2460853. Опубликовано: 10.09.2012 Бюл. № 25.
11. Петрович Г.П. Алгоритм решения изобретательских задач. Методические указания. / Уральский государственный технический университет. Екатеринбург. 2007 г.
12. В.Зубчанинов, Н.Соловьев. Изобретения и длинные волны. Мировая экономика и международные отношения, 1989 г. № 6, с.125-132.
13. Afanasyev Vladimir E., Kondrakov Igor M., Zhadanov Viktor I. Use of Materials with Thermomechanical Shape Memory for Sollution of the Applied Problems in Construction Engineering Complex/ Journal Siberian Federal University, № 9 (vol. 4). 2016 г.
14. Kondratieff N.D. The long wave cycle. -Transl. by Daniels Gu. - N.Y., 1984 г.